

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Ivan Rajko**

Zagreb, 2012.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

Mentor:

Doc.dr.sc. Dragutin Lisjak

Student:

Ivan Rajko

Zagreb, 2012.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru Doc.dr.sc. Dragutinu Lisjaku na stručnim savjetima i pomoći tijekom izrade diplomskog rada.

Posebno se zahvaljujem svojim roditeljima što su mi omogućili studiranje i što su mi pružili svu pomoć i podršku kako bih uspješno završio studij.

Ivan Rajko



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:  
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo  
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **IVAN RAJKO**

Mat. br.: 0035145372

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **SIMULACIJSKI MODEL VITKOG ODRŽAVANJA**

Naslov rada na engleskom jeziku: **SIMULATION MODEL OF LEAN MAINTENANCE**

Opis zadatka:

Konkurencija i globalizacija prisiljava tvrtke za pronalaženjem sve uspješnijih organizacijskih pristupa kako bi uspješno pronašli svoju nišu u velikoj paleti ponuda roba i usluga. U zadnjih pedesetak godina intenzivno se razvijaju različiti pristupi (konceptije) upravljanja kako proizvodnim tako i procesima održavanja sa ciljem optimalnog iskorištenja resursa i postizanja minimalnih troškova. Novi trendovi i principi upravljanja poslovnim procesima pojavljuju se skoro svake godine, a jedan od relativno novijih pristupa u upravljanju procesima održavanja je tzv. *Vitki* (eng. *Lean*) princip održavanja. U skladu s tim u radu je potrebno:

1. Opisati načela *Vitkog* upravljanja procesima održavanja,
2. Opisati faze uvođenja i zamjene klasičnih procesa održavanja sa procesima *Vitkog* održavanja,
3. Korištenjem Siemens "Tecnomatix Plant Simulation" softverskog sustava izraditi i usporediti simulacijske modele procesa klasičnog i *Vitkog* održavanja,
4. Zaključak.

Zadatak zadan:

8. ožujka 2012.

Zadatak zadao:

*Dragutin Lisjak*

Doc.dr.sc. Dragutin Lisjak

Rok predaje rada:

10. svibnja 2012.

Predviđeni datum obrane:

16., 17. i 18. svibnja 2012.

Predsjednik Povjerenstva:

*Franjo Cajner*  
Prof. dr. sc. Franjo Cajner

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	III
POPIS TABLICA.....	V
SAŽETAK.....	VI
1. UVOD.....	1
1.1. Osnovne karakteristike suvremenog menadžmenta [1][2].....	1
1.2. Procesni pristup menadžmentu poduzeća [3-5] .....	6
1.3. Poboljšavanje poslovnih procesa [5-6] .....	12
2. OSNOVE VITKOG MENADŽMENTA .....	14
2.1. Što je to vitki sustav upravljanja? [7].....	14
2.2. Razvoj koncepta vitkog menadžmenta [7-9] .....	15
2.3. Osnovni koncepti i alati vitkog menadžmenta .....	19
2.3.1. Sedam tipova gubitaka u proizvodnji [6] [2] .....	19
2.3.2. Općenito o alatima vitkog menadžmenta [6-12].....	22
2.3.2.1. Disciplina i kontrola radnog mjesta (5S) .....	22
2.3.2.2. Vizualna kontrola (Andon) .....	24
2.3.2.3. Standardizirani procesi.....	25
2.3.2.4. Dokazivanje pogrešaka (Poka-Yoke) .....	25
2.3.2.5. Cjelovito učinkovito održavanje (TPM) .....	26
2.3.2.6. Cjelovito upravljanje kvalitetom (TQM) [13] .....	27
2.3.2.7. JIT upravljanje [14][15].....	28
2.3.2.8. Stanična proizvodnja.....	30
2.3.2.9. Ujednačena proizvodnja u razinama (Heijunka).....	31
2.3.2.10. Kaizen .....	33
2.3.3. Temeljni principi vitkog menadžmenta .....	34
2.3.3.1. Definiranje vrijednosti .....	35
2.3.3.2. Tok vrijednosti .....	35
2.3.3.3. Protočnost .....	41
2.3.3.4. Povlačenje .....	42
2.3.3.5. Težnja za savršenstvom .....	44
3. OPĆENITO O POJMU "VITKOG" ODRŽAVANJA .....	46
3.1. Primjena načela "Vitkog" menadžmenta u procesu održavanja .....	46
3.2. Općenito o transformaciji procesa održavanja u "Vitko" održavanje [20] .....	48
3.3. Faze transformacije procesa održavanja u "Vitko" održavanje [20].....	49
3.3.1. 1. Faza procjene sposobnosti projektnog tima i menadžera za uvođenje Leana. ....	49
3.3.2. 2. Faza pripreme i edukacije .....	52
3.3.3. 3. Faza testiranja – početna faza .....	52
3.3.4. 4. Faza prijenosa Leana na cijeli odjel održavanja .....	54
3.3.5. 5. Faza širenja Leana izvan odjela održavanja.....	56
3.3.6. 6. Faza očuvanja postignutog stanja .....	57
4. IZRADA SIMULACIJSKOG MODELA .....	59
4.1. Općenito o simulacijskoj tehnologiji [21].....	59

4.1.1.	Osnovni koraci kreiranja simulacijog modela .....	60
4.2.	Općenito o primjenjenom računalnom programu za izradu simulacijskog modela...	62
4.2.1.	Osnovni elementi i principi rada u računalnom programu "Plant Simulation" ..	62
4.2.1.1.	Glavna radna površina .....	62
4.2.1.2.	Biblioteka vrsta .....	64
4.2.1.3.	Konzola .....	65
4.2.1.4.	Alatna traka i osnovni objekti za rad .....	65
5.	OPIS IZRADE SIMULACIJSKOG MODELA NA PRIMJERU PROCESA ODRŽAVANJA BENZINSKIH POSTAJA .....	73
5.1.	Određivanje problema .....	73
5.2.	Ocjena isplativosti korištenja simulacije .....	73
5.3.	Određivanje ciljeva .....	74
5.4.	Prikupljanje i analiza podataka [20] .....	74
5.4.1.	Organizacijska struktura Službe održavanja .....	75
5.4.2.	Organizacija poslova i zaduženja u Službi održavanja .....	75
5.4.3.	Opseg poslova održavanja kojima se bavi Služba održavanja .....	76
5.4.4.	Podaci o procesu upravljanja održavanjem benzinskih postaja .....	77
5.4.5.	Podaci o predloženim poboljšanjima za proces održavanja benzinskih postaja [20] .....	89
5.5.	Izrada modela .....	94
5.5.1.	Osnovni gradivni elementi simulacijskog modela .....	96
5.5.2.	Kreiranje pokretnih objekata za prikaz dokumentacije .....	96
5.5.3.	Kreiranje objekata za prikaz procesa/aktivnosti .....	98
5.5.3.1.	Izrada modela za benzinsku postaju .....	98
5.5.3.2.	Izrada modela za Administrativni odjel .....	105
5.5.3.3.	Izrada modela za odjel SUIIOM i Glavnog inženjera .....	107
5.5.3.4.	Izrada modela Direktora .....	116
5.5.3.5.	Izrada modela Nabave .....	120
5.5.3.6.	Izrada modela za Izvođače radova održavanja .....	123
5.5.3.7.	Dovršavanje izrade simulacijskog modela za proces održavanja .....	124
5.5.4.	Izvođenje simulacije .....	125
5.5.5.	Analiza i interpretacija rezultata .....	127
5.5.6.	Dokumentiranje rezultata .....	131
6.	ZAKLJUČAK .....	132
	PRILOZI .....	136
	LITERATURA .....	137

## POPIS SLIKA

Slika 1.	Osnovne funkcije menadžmenta [2].....	2
Slika 2.	Podjela procesa [3] .....	6
Slika 3.	Odnos funkcija i procesa u organizaciji [5].....	8
Slika 4.	Tradicionalni pristup s fokusom na funkcije u poduzeću [4].....	9
Slika 5.	Suvremeni procesni pristup s fokusom na aktivnosti u poduzeću [4].....	10
Slika 6.	Model procesa [5].....	11
Slika 7.	Prikaz poboljšavanja poslovnih procesa [6].....	13
Slika 8.	Pokretna montažna traka Henrya Forda [7] .....	15
Slika 9.	Kiichiro Toyoda [7].....	16
Slika 10.	Taiichi Ohno [8] .....	16
Slika 11.	Primjer ANDON bljeskalice [10].....	24
Slika 12.	Proizvodna "U" ćelija [15] .....	30
Slika 13.	Primjer Heijunka kutije [16].....	32
Slika 14.	Pet temeljnih principa vitkog menadžmenta [2].....	34
Slika 15.	VSM-Simboli za tok materijala [18] .....	38
Slika 16.	VSM-Simboli za tok informacija [18].....	38
Slika 17.	VSM-Simboli vezani uz vrijeme i transport [18].....	38
Slika 18.	Primjer mape toka vrijednosti [2].....	39
Slika 19.	Primjer raspodjele procesa u jednom ciklusu [2] .....	40
Slika 20.	Primjer raspodjele vremena u ciklusu [2].....	40
Slika 21.	Prikaz sustava povlačenja [2] .....	44
Slika 22.	Proces izvođenja implementacije "vitkog" menadžmenta [2].....	45
Slika 23.	Plan akcija i promjena [20] .....	51
Slika 24.	Paretov princip [20].....	53
Slika 25.	Plant Simulation- radna površina .....	63
Slika 26.	Plant Simulation- rad sa bibliotekom vrsta .....	64
Slika 27.	Plant Simulation- Alatna traka .....	65
Slika 29.	Plant Simulation- Pasivni objekti toka materijala .....	66
Slika 28.	Plant Simulation- Aktivni objekti toka materijala.....	66
Slika 30.	Plant Simulation- Ostali objekti toka materijala .....	67
Slika 31.	Plant Simulation- objekti resursa .....	69
Slika 32.	Plant Simulation- objekti toka informacija .....	70
Slika 33.	Plant Simulation- objekti korisničkog sučelja.....	71
Slika 34.	Plant simulation- alatni objekti.....	72
Slika 35.	Organizacijska struktura Službe održavanja [20].....	75
Slika 36.	Dijagram tijeka procesa održavanja na benzinskim postajama [20] .....	82
Slika 37.	Analiza aktivnosti za interventno i plansko održavanje [20] .....	85
Slika 38.	Analiza aktivnosti za interventno i plansko održavanje(Poboljšano) [20].....	93
Slika 39.	Osnovni gradivni elementi simulacijskog modela .....	96
Slika 40.	Korištenje pokretnih objekata za simuliranje dokumentacije .....	97
Slika 41.	Kreiranje sadržaja radnog okvira- Benzinska postaja 1 .....	98
Slika 42.	Definiranje postavki objekta- vrijeme procesuirana benzinske postaje .....	99
Slika 43.	Definiranje postavki objekta-korištenje generiranja kvarova.....	99
Slika 44.	Definiranje postavki objekta-korištenje metode.....	100
Slika 45.	Definiranje postavki objekta-radne smjene .....	101

Slika 46.	Definiranje postavki objekta-programiranje metode za simuliranje kvara .....	102
Slika 47.	Kreiranje sadržaja radnog okvira- Šef benzinske postaje 1 .....	103
Slika 48.	Model benzinskih postaja .....	104
Slika 49.	Model Administrativnog odjela.....	105
Slika 50.	Definiranje postavki objekta-programiranje metode za Administrativni odjel...	106
Slika 51.	Ulazni dio modela za SUIIOM i Glavnog inženjera .....	107
Slika 52.	Izlazni dio modela za SUIIOM i Glavnog inženjera-prvi dio .....	108
Slika 53.	Izlazni dio modela za SUIIOM i Glavnog inženjera-drugi dio .....	108
Slika 54.	Definiranje metode za SUIIOM- odluka o vrsti održavanja .....	109
Slika 55.	Definiranje metode za SUIIOM- definiranje upita za ponudu .....	110
Slika 56.	Definiranje metode SUIIOM-izrada ponude i ZPR6 zahtjevnice .....	110
Slika 57.	Definiranje metode SUIIOM-nadzor poslova i izrada troškovnika .....	111
Slika 59.	Definiranje metode SUIIOM-korekcija PPZ2 primopredajnog zapisnika .....	112
Slika 58.	Definiranje metode SUIIOM-izrada ponude i ZPR6 za dodatne radove .....	112
Slika 60.	Definiranje metode SUIIOM-nadzor dodatnih poslova .....	112
Slika 61.	Definiranje metode SUIIOM-kreiranje PM03 radnog naloga.....	113
Slika 62.	Definiranje metode SUIIOM-kreiranje SES ili MIGO primke .....	113
Slika 63.	Definiranje pravila raspoređivanja za objekt Raspoređivanje1 .....	114
Slika 64.	Definiranje pravila raspoređivanja za objekt Raspoređivanje2 .....	115
Slika 65.	Model direktora .....	116
Slika 66.	Definiranje metode Direktora-odobranje radova održavanja .....	117
Slika 68.	Definiranje metode Direktora-odobranje PM03 i SES/MIGO .....	118
Slika 67.	Definiranje metode Direktora-odobranje PPZ2 zapisnika.....	118
Slika 69.	Definiranje pravila raspoređivanja za objekt Raspoređivanje3 .....	119
Slika 70.	Model Nabave .....	120
Slika 71.	Definiranje metode Nabava.....	121
Slika 72.	Definiranje pravila raspoređivanja za objekt Raspoređivanje4 .....	122
Slika 73.	Model za Izvođače radova održavanja .....	123
Slika 74.	Definiranje metode izvođenja radova interventnog i planskog održavanja .....	124
Slika 75.	Upravljanje izvođenjem simulacije-naredbe upravljanja .....	125
Slika 76.	Upravljanje izvođenjem simulacije-definiranje trajanja simulacije.....	126
Slika 77.	Bottleneck Analyzer- prijedlog mogućih "uskih grla" klasičnog pristupa procesu održavanja benzinskih postaja.....	127
Slika 78.	Efektivnost procesa održavanja.....	129
Slika 79.	Usporedba prosječnih brzina uklanjanja kvara-Klasično i Lean.....	129
Slika 80.	Grafički prikaz usporedbe brzina otklanjanja kvara-Klasično i Lean.....	130



**POPIS TABLICA**

Tablica 1. Primjer matrice proizvoda [18] .....	37
Tablica 2. Aktivnosti interventnog i planskog održavanja na benzinskim postajama [20]...	83
Tablica 3. Aktivnosti investicijskog održavanja na benzinskim postajama [20] .....	86
Tablica 4. Aktivnosti interventnog i planskog održavanja (Poboljšano) [20].....	91

## SAŽETAK

Razvojem globalnog tržišta i sve veće konkurencije, poduzeća su prisiljena na borbu na opstanak na tako zahtjevnom tržištu, u kojemu se može konkurirati jedino vrhunskom kvalitetom i niskim cijenama. Kako bi se poduzeća mogla sa time nositi, moraju imati vrhunski menadžment poduzeća i dobru organizaciju poslova, odnosno aktivnosti kojima će ostvariti vrhunsku kvalitetu proizvoda i usluga, a samim time i ostvariti profit uz smanjene troškove proizvodnje ili pružanja usluga. Jedini način da se postigne takav način poslovanja je da se uvedu poboljšanja u postojeće procese primjenom bilo koje metode ili poslovne filozofije koja provjereno donosi takav učinak u organizaciju. Jedna od takvih poslovnih filozofija je "Vitka" (eng."Lean") poslovna filozofija koja se temelji na procesnoj analizi organizacije aktivnosti i zagovara što veće smanjenje ili eliminiranje, aktivnosti koje ne donose nikakvu vrijednost poduzeću, a predstavljaju trošak, odnosno gubitak. "Vitka" poslovna filozofija je svoju popularnost stekla primjenom u proizvodnji, pa od tad naziv "Vitka" ili "Lean" proizvodnja.

U ovom je radu dan općeniti opis alata i načela "Vitke", odnosno "Lean" proizvodnje, te opis faza transformacije klasičnog pristupa održavanju u "Vitki" pristup, odnosno "Vitko" održavanje. Cilj rada je prikazati mogućnost primjene simulacijskog modela za lakše otkrivanje "uskih grla" na postojećim procesima, nakon čega se, primjenom "Vitkih"/"Lean" načela i alata mogu predložiti i primjeniti određena poboljšanja za aktivnosti koje predstavljaju "uska grla", te usporediti dobivene rezultate modela za postojeće(klasično) i poboljšano/"Lean" stanje procesa. U posljednja dva poglavlja je dan općeniti opis primjene alata za izradu simulacijskih modela (Siemens-"Tecnomatix Plant Simulation") i opis moguće primjene tog alata za olakšano planiranje i testiranje transformacije klasične organizacije u "Vitku" organizaciju, na primjeru izrade simulacijskog modela za postojeće stanje procesa održavanja benzinskih postaja. Temeljem izrađenog simulacijskog modela postojećeg(klasičnog) stanja, primjenom određenih predloženih poboljšanja, izradio se model "Vitkog"/"Lean" stanja, čiji su se određeni dobiveni rezultati usporedili sa rezultatima simulacijskog modela za postojeće stanje, odnosno klasični pristup održavanju benzinskim postajama.

## 1. UVOD

Cilj svakog poduzeća je pružiti kvalitetan proizvod ili uslugu krajnjem kupcu uz ostvarivanje određenog profita. Razvojem globalnog tržišta pojavila se velika konkurencija u raznim sektorima proizvodnje i pružanja usluga, koja konkurira vrhunskom kvalitetom i niskim cijenama, pa se pojavljuju potrebe za promjenama u upravljanju, tj. menadžmentu poduzećem.

Zbog velike konkurencije koja se pojavljuje potrebno je razmotriti karakteristike menadžmenta koji se primjenjuje i na koji način mogu neke promjene pridoneti boljoj konkurentnosti poduzeća na tržištu. Prije svega potrebno je razumjeti osnovne karakteristike, zadatke i funkcije koje obavlja suvremeni menadžment i osnovne karakteristike suvremenog procesnog pristupa menadžmentu poduzećem.

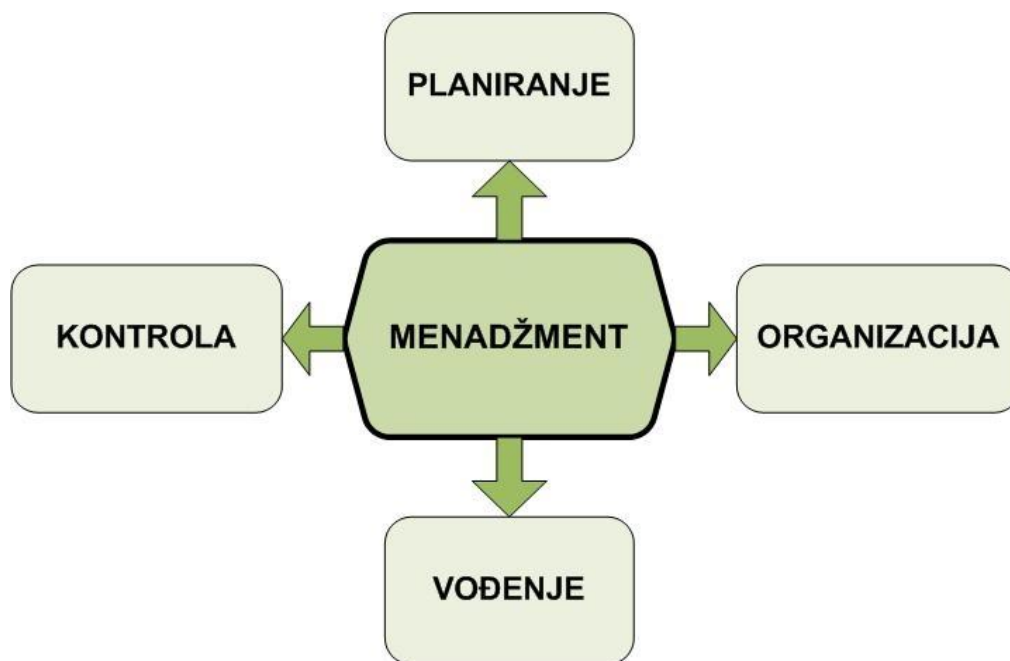
### 1.1. Osnovne karakteristike suvremenog menadžmenta [1][2]

Menadžment se može definirati kao proces upravljanja koji se ostvaruje u skladu s određenim pravilima, primjenom provjerenih načela i odgovarajućih tehnika. To je proces kojim se postižu željeni rezultati efikasnim korištenjem ljudskih i materijalnih resursa. Temeljna zadaća menadžmenta je učiniti ljude sposobnim za zajednički rad na izvršavanju zadataka putem zajedničkih ciljeva i vrijednosti.

Uloge menadžmenta poduzeća su :

1. Angažiranje materijalnih, ljudskih, informacijskih i financijskih resursa
2. Vršenje izbora i optimiranja organizacijske strukture
3. Određivanje budžeta
4. Postavljanje ciljeva i kriterija uspješnosti
5. Postavljanje standarda
6. Planiranje, kontroliranje, rukovođenje, koordiniranje, motiviranje i odlučivanje.

S obzirom na **osnovne funkcije** koje obavlja, menadžment predstavlja procese planiranja, organiziranja, vođenja i kontroliranja.



**Slika 1. Osnovne funkcije menadžmenta [2]**

**Planiranje** je polazna funkcija rukovođenja koja definira ciljeve koje treba ostvariti, utvrđuje preduvjete u kojima će se ti ciljevi ostvariti, odabire pravce djelovanja, sredstva, metode i tehnike za njihovo postignuće. Kako bi se učinkovito planiralo potrebno je poznavati prilike u kojima će se ostvariti plan rada i potrebno je realno dijagnosticirati prilike za razvoj, postaviti ciljeve, analizirati pretpostavke planiranja, identificirati moguće alternative, izraditi planove za pojedine segmente djelatnosti, te predvidjeti troškove realizacije planova.

**Organizacija** ima svrhu pridonosenju valjanosti ciljeva i učinkovitosti njihova ostvarivanja. Organizacijska struktura mora na učinkovit način doprinositi ostvarivanju ciljeva uz minimum neželjenih posljedica i troškova. Stalne promjene na tržištu zahtjevaju sklonost poduzetništvu, te zbog toga u poduzećima dolazi do stvaranja strategije unutrašnjeg poduzetništva koja dovodi do novih organizacijskih formi i organizacijskih struktura.

Karakteristika poduzetničke organizacijske forme je poduzetnički duh zaposlenih, projektni rad i poduzetnički programi, te primjena visokorazvijenih informacijsko komunikacijskih tehnologija. Karakteristika ovakve organizacije se očituje u partnerskom odnosu vlasnika, radnika i Menadžmenta (uprava i direktori) uz zajedničke interese, jer zaposlenici učestvuju u godišnjem rezultatu, te su i suvlasnici poduzeća i dobivaju na kraju godine i pripadajući dio dobiti iz vlasništva dionica ili iz rezultata godišnje operativne dobiti. Poduzetničke organizacije zahtijevaju visokostručni organizacijski projektni tim koji će voditi projekt. Za svoj razvoj i rast sve više koriste nove proizvodne tehnologije i dinamični razvoj informacijsko komunikacijskih tehnologija koje omogućuju temeljite i brze promjene u oblikovanju organizacijskih struktura i radnih mjesta sa virtualnim načinima rada (rad kod kuće ili u virtualnim organizacijama).

Trgovačka društva uglavnom imaju organizacijsku strukturu koja se formirala tijekom njihova rada. Razlikuju se dvije osnovne organizacijske strukture prema načinu raščlanjivanja ukupnog zadatka društva i formiranja užih organizacijskih cijelina. Funkcionalna organizacijska struktura se najčešće primjenjuje kod malih i srednje velikih trgovačkih društava. Oblik ove organizacijske strukture povezuje poslovne jedinice prema poslovnim funkcijama društva. Takva struktura podrazumijeva pokrivanje svih zadataka poslovne funkcije u obliku određene službe, odjela ili sektora. Divizionalna organizacijska struktura trgovačkih društava provodi podjelu prema proizvodima, lokacijama i potrošačima. Većina velikih društava koristi ovaj tip organizacije. Kod divizionalne organizacijske strukture sustav upravljanja je decentraliziran, te se takve organizacije često organiziraju kao sustavi profitnih centara.

Zbog promjena koje se svakodnevno događaju potrebna je fleksibilnost u stvaranju organizacijskih struktura, pa se zbog toga koriste kombinacije predhodno navedenih struktura.

Matrična organizacijska struktura predstavlja kombinaciju funkcionalne i divizionalne organizacije, te je takva kombinacija pogodna za društva koja istovremeno rade na većem broju projekata. Matrična organizacijska struktura zahtjeva stalnu koordinaciju rukovoditelja i njihovu posebnu izobrazbu za proces rukovođenja u takvom tipu organizacije.

Projektna organizacijska struktura nastaje zbog realizacije određenog projekta, te je njezino trajanje određeno vremenom potrebnim za izvođenjem projekta. Tu se očituje razlika u projektima koji se samo jednom izvode i onima koji se ponavljaju, jer se za ponavljajuće projekte formiraju stalni timovi sa projektnim menadžerom. U praksi se od predhodno navedenih tipova organizacije, ne pojavljuje niti jedan u čistom obliku. Uglavnom su sve organizacijske strukture kombinacije iz kojih onda nastaju mješovite organizacijske strukture koje su u datom trenutku najpogodnije za poduzeće.

Zbog velikih promjena i zahtjeva konkurentnosti na tržištu, poduzeća se okreću raznim metodama poboljšavanja poslovanja među kojima se nalazi i procesno orijentirana organizacija koja primjenjuje procesni pristup menadžmentu poduzeća, čiji je opis dan u sljedećem podnaslovu uvoda.

**Vođenje** je umjetnost utjecanja na ljude da oni rade spremno, pouzdano, gorljivo, intenzivno i zanosno. Vođenje ljudi je najsloženija funkcija menadžmenta, čija je svrha utjecanje na ljude s ciljem da oni što više doprinesu zajedničkom cilju. Prilikom toga se ne smije izgubiti iz vida da je važno ostvariti rezultate, ali da sredstvo za njihovo postizanje nikad ne smije ugroziti dostojanstvo pojedinca, te se prema njemu treba odnositi s poštovanjem bez obzira na njegovo položaj, jer svi sudjeluju u ostvarenju zajedničkog cilja. Dobre rezultate mogu postići samo dobro motivirani ljudi, te je zbog toga zadatak menadžera otkriti prave načine i tehnike poticanja svojih suradnika i znati upravljati sukobima koji se mogu pojaviti. Uspješni vođe ne stoje iza skupine da bi je gurali, već ispred da bi joj dali nadahnuće i olakšali joj napredovanje. Uloga menadžera nije manipuliranje sa svojim suradnicima nego prepoznavanje onoga što ih motivira. Zaposlenici će rado slijediti onog menadžera koji im osigurava zadovoljenje njihovih potreba ili ciljeva, vlastitih i vezanih uz ciljeve poduzeća.

Kao primjeri motivacije mogu se koristiti novac kao nagrada ako je, u što većoj mjeri, odmjeren kao nagrada prema postignuću, pa osiguravanje sudjelovanja zaposlenih u rješavanju problema i poslova, te u promišljanju učinkovitijih rješenja i kreiranju produktivnije sredine. Oni menadžeri koji bolje razumiju što motivira njihove ljude i kako ta motivacija djeluje pozitivno na njih, pa to znaju pravilno primijeniti, bit će uspješniji vođe.

**Kontrola** ili vrednovanje, je funkcija menadžmenta usko povezana s planiranjem. Kontrola ima kao cilj pratiti rad i stalno uspoređivati postignute rezultate s ciljevima i standardima kvantitete i kvalitete utvrđenim u planiranju. Kontrola se sastoji od tri etape. U prvoj se etapi određuju kriteriji učinkovitosti, u drugoj etapi se mjere rezultati dovodeći ih u odnos s utvrđenim kriterijima, a u trećoj se etapi uzročno-posljedičnom analizom otklanjaju uočeni nedostaci.

Pravilnim odabirom pokazatelja učinkovitosti i ako je moguće, preciznim utvrđivanjem aktivnosti zaposlenih, procjena učinkovitosti postaje jednostavnija za provođenje. Postoje i aktivnosti za koje je izuzetno složeno utvrditi pokazatelje, kao i brojne aktivnosti koje je teško izmjeriti. U praksi se susreću mnoge vrste pokazatelja za kontrolu. Neki se od njih izražavaju u fizičkim jedinicama, troškovima, u kapitalu, prihodima, utvrđenim ciljevima, a postoje i nematerijalni pokazatelji.

Kontrola se u mnogim sustavima provodi pomoću povratnih informacija koje pokazuju odstupanje od planiranog. Kontrola mora biti prilagođena planovima čije praćenje treba ostvariti, kao i mjestima gdje se ti planovi ostvaruju. Budući da se kontrola ostvaruje zbog toga da bi omogućila menadžeru stjecanje uvida u kvalitetu i kvantitetu ostvarivanja planiranih ciljeva, ona mora biti prilagođena njemu. Kontrola mora ukazati na bilo pozitivna bilo negativna odstupanja, osobito u najosjetljivijim točkama projekta. Kontrola zahtjeva objektivne, precizne i primjerene pokazatelje. Mora biti fleksibilna, svaki sustav kontrole ili tehnika kojim se ostvaruje mora uvažavati organizacijsku kulturu. Kontrola je opravdana pod uvjetom da njeni nalazi posluže u mijenjanju planova, organizacije i načina vođenja ustanove, poduzeća. Kontrola rezultata radnika u proizvodnji se lakše ostvaruje u odnosu na "neproizvodne"(uslužne) djelatnosti, čije rezultate mogu prepoznati tek stručnjaci pojedinih specijalnosti. Treba imati u vidu i novije trendove u kontroli, vrednovanju rada kao što su sustavi potpune kontrole kvalitete kao što je TQM(Total Quality Management) ili standardi ISO 9000.

Kao dodatna funkcija kojom se menadžment bavi, a veoma je važna za poduzeće i veže se na procese kontrole, je unapređivanje, tj. poboljšavanje poslovanja čiji je općeniti opis i opis odabrane suvremene metode poboljšavanja, dan u nastavku rada, nakon opisa procesnog pristupa menadžmentu poduzećem koji je preduvjet za bilo kakvo poboljšavanje poslovanja.

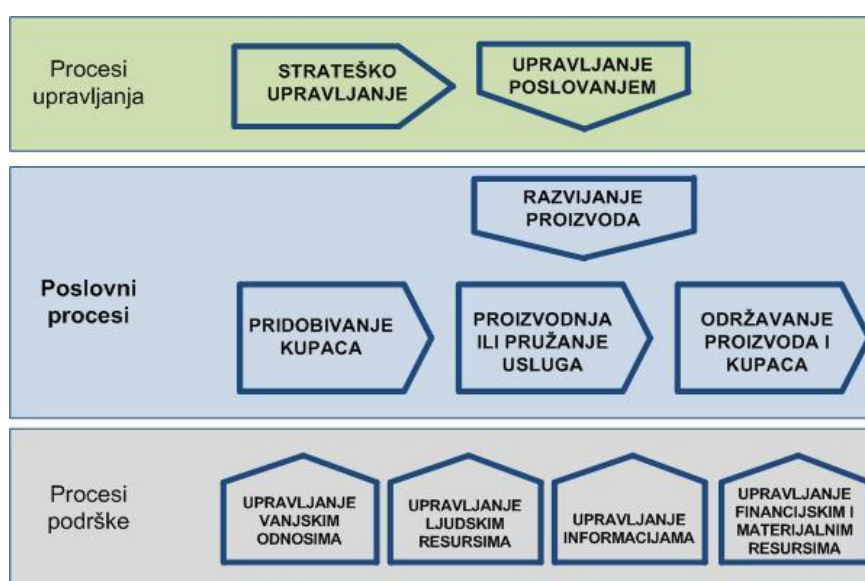
## 1.2. Procesni pristup menadžmentu poduzeća [3-5]

Kao osnovni preduvjet za postizanje ciljeva organizacije i unapređenja poslovanja, važno je razumijeti procesni pristup menadžmentu poduzećem, što su to poslovni procesi i kako njima upravljati. Mjerenjem i kontrolom ključnih pokazatelja izvođenja procesa može se doznati koliko uspješno ga provodimo, te kako to rezultira na konačno ostvarivanje vizije i ciljeva. Mjerenjem i kontrolom pokazatelja se otvara pristup upravljanju pojedinim procesima pri čemu se definiraju pozitivni i negativni učinci na proces, koji se mogu iskoristiti za definiranje poboljšanja procesa.

**Proces** je skup uzajamno povezanih ili međusobno ovisnih radnji koje ulazne veličine pretvaraju u izlazne, tj. rezultate. Često je izlaz iz jednog procesa izravano povezan sa ulazom sljedećeg procesa, pri čemu je karakteristika svakog procesa da je orijentiran prema cilju, transformacijski i da stvara vrijednost. Proces se kontrolira, tj. vrednuje na temelju učinkovitosti (odnos između postignutih rezultata i planiranih ciljeva), djelotvornosti (odnos između postignutih rezultata i upotrebljenih resursa) i prilagodljivosti.

Procese se može podijeliti u tri grupe:

- Procesni upravljanja
- Poslovni procesi
- Procesni podrške



Slika 2. Podjela procesa [3]



**Procesi upravljanja i procesi podrške** služe osiguravanju smjera, vođenju organizacije, te osiguravanju svih resursa podrške kako bi se omogućilo izvođenje i međusobno povezivanje ostalih procesa.

Procesi upravljanja su često vođeni od više uprave kako bi uspostavili ciljeve, razvili i provodili strategiju za ispunjenje ciljeva, te razvijali poslovanje. Oblikuju i upravljaju procesima podrške i poslovnim procesima.

**Poslovni procesi** predstavljaju skup poslovnih aktivnosti koji se zajedno kombiniraju s ciljem kreiranja vrijednosti kupcu. Procesno orijentirana organizacija treba najviše pažnje posvetiti ključnom pojmu, a to je organizacija poslovnih procesa s ciljem povećanja efikasnosti i uspješnosti realizacije poslovnih rezultata. Najbolji se prikaz o kvaliteti poslovanja poduzeća može dobiti uvidom u način upravljanja procesima, koji ako je dobro definiran, omogućava kvalitetno izvršenje poslovnih ciljeva. Za svaki poslovni proces potrebno je definirati njegove ključne elemente.

Elementi poslovnog procesa koje je potrebno definirati su:

- Ime procesa
- Svrha procesa
- Cilj procesa
- Kupac procesa
- Resursi procesa
- Vrijeme
- Aktivnosti unutar procesa
- Zadaci unutar aktivnosti
- Sudionici procesa (tko što radi)
- Nositelj procesa

**Upravljanje poslovnim procesima** je sustavan pristup poboljšavanja poslovanja, temeljen na oblikovanju, mjerenju, analizi, poboljšanju i upravljanju procesima. Primjenjuje se u poduzećima koja imaju procesno orijentiranu organizaciju, tj. procesni pristup menadžmentu poduzećem koji se bitno razlikuje od tradicionalnog sa funkcionalnom, tj. hijerarhijskom organizacijom upravljanja.

[Slika 3] daje prikaz odnosa između funkcija tradicionalne hijerarhijske organizacije i procesa kod procesno orijentirane organizacije.



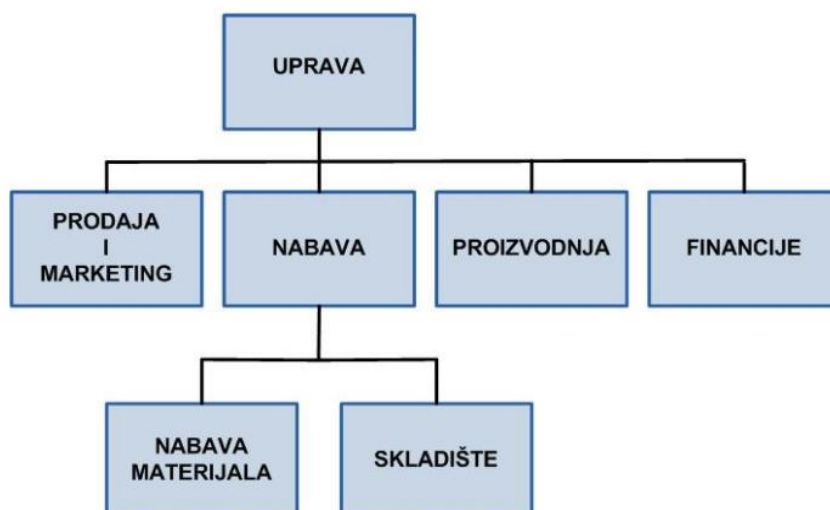
**Slika 3. Odnos funkcija i procesa u organizaciji [5]**

**Tradicionalni pristup menadžmentu** poduzećem sa vertikalnom hijerarhijskom organizacijom upravljanja postavlja ljude unutar pravokutnika koji predstavljaju odjele u organizacijskoj shemi između kojih nastaju čvrste barijere koje ograničavaju komunikaciju. Klasični hijerarhijski pristup organizaciji s fokusom na funkcije u poduzeću, je prikazan na [Slika 4].

Članovi takvih odjela izvode samo one zadatke koji su uobičajeni za njihov odjel, nastoje maksimizirati utjecaj i ovlasti, te optimiraju razinu učinka samo unutar svog odjela. Rezultat toga su konfliktni ciljevi i akcije između različitih odjela, te je u konačnici rezultat poslovanja poduzeća lošiji od očekivanog.

Tradicionalna hijerarhijska organizacija poslovanja ima sljedeće nedostatke:

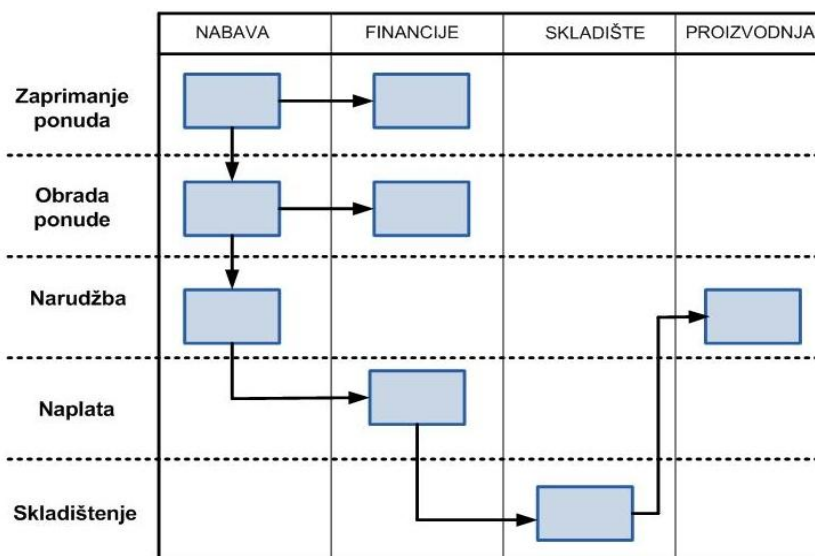
- nejasna slika cijelog procesa i uloga u njemu
- slaba usmjerenost na kupce (unutarnje i vanjske)
- pažnja usmjerena na proizvodne procese
- postojanje nepotrebnih uskih grla i barijera
- loša komunikacija i rivalstvo između organizacijskih jedinica
- konflikti ciljevi i akcije između različitih odjela
- nedovoljna spremnost na promjene
- organizacijske promjene dovode do lokalnih poboljšanja koja bi trebala, ali uglavnom ne uspijevaju utjecati na rezultate poslovanja organizacije u cijelini



**Slika 4.** Tradicionalni pristup s fokusom na funkcije u poduzeću [4]

**Suvremeni pristup menadžmentu** sa procesno orijentiranom organizacijom i procesnim pristupom, navedene probleme tradicionalnog pristupa menadžmentu poduzećem rješava skretanjem pažnje sa hijerarhijske organizacije poslovanja na promatranje poduzeća kao skupa procesa.

Prikaz suvremenog procesnog pristupa organizaciji s fokusom na aktivnosti u poduzeću je dan na [Slika 5].

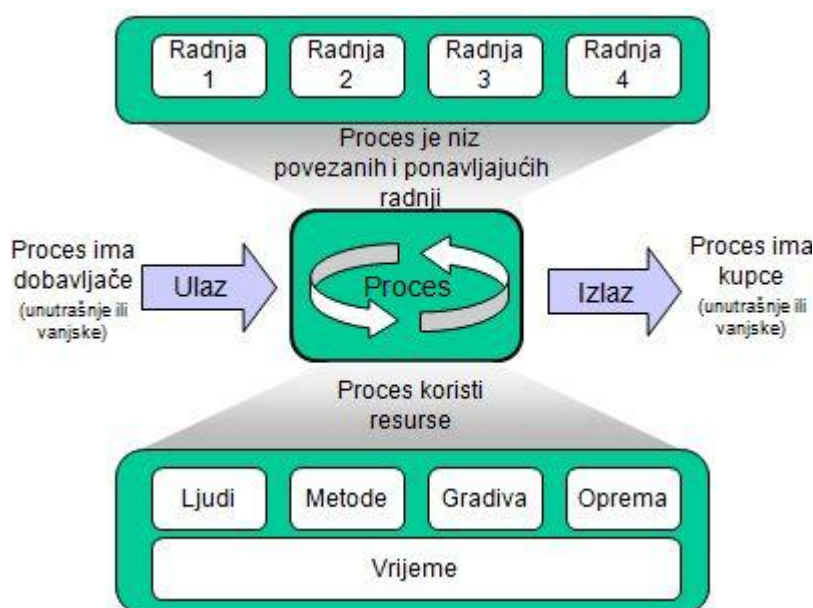


**Slika 5. Suvremeni procesni pristup s fokusom na aktivnosti u poduzeću [4]**

Prepoznaje se važnost procesa, a procesi postaju nadređeni odjeljenjima. Vlasnik, odnosno nositelj procesa je odgovoran za oblikovanje i upravljanje procesom, rezultatima procesa, nadziranje izvedbe procesa i pokretanje projekata poboljšanja procesa, te provođenje izobrazbi i audita. Ciljevi i resursi organizacije su raščlanjeni na funkcije preko procesa, te svaka funkcija(odjel) ima svoj zadatak i resurse za ispunjavanje ciljeva organizacije. Mjere se izvedbe procesa, postavljanjem ključnih pokazatelja izvedbe (KPI), koji su osnova za pokretanje poboljšanja unutar organizacije i za donošenje poslovnih odluka.

Suvremeni pristup menadžmentu sa procesno orijentiranom organizacijom i procesnim pristupom, koja za općenito definiranje procesa koristi procesni model prikazan na [Slika 6], ima sljedeće prednosti:

- svaki proces ima kupca, a usmjerenost na proces osigurava bolju usmjerenost na kupca
- stvaranje vrijednosti s obzirom na konačni proizvod odvija se u horizontalnim procesima
- utvrđivanjem granica procesa, te kupaca i dobavljača procesa, postiže se bolja komunikacija i bolje razumijevanje procesa
- upravlja se kompletnim procesom koji se izvodi kroz više odjela, a ne procesima u pojedinim odjelima
- određivanjem vlasnika, odnosno nositelja procesa, koji su odgovorni za proces, izbjegnuta je tradicionalna rscjepkanost odgovornosti koja je često viđena u funkcionalnoj(hijerarhijskoj) organizaciji
- upravljanje procesima osigurava niže troškove i kraći vremenski ciklus učinkovitom uporabom sredstava, tj. resursa
- svakom procesu se dodjeljuju ključni pokazatelji izvedbe/učinka (KPI), a njihovo praćenje osigurava mogućnosti za poboljšavanje i spremnost na promjene.



**Slika 6. Model procesa [5]**

### 1.3. Poboljšavanje poslovnih procesa [5-6]

Poboljšavanja poslovnih procesa se smatraju jednim od najvažnijih aktivnosti kojima se menadžment poduzeća mora baviti, kako bi ono moglo postići i zadržati konkurentnost i zadovoljstvo kupaca na sve zahtjevnijem tržištu.

Poboljšavanje je nužno, jer rezultati većine procesa pokazuju sklonost slabljenju tijekom vremena ako se ne ulaže u njihovo poboljšavanje, što ne rezultira stagniranjem organizacije, već ona postaje lošija u odnosu na konkurenciju koja se poboljšava. Kupci postaju sve zahtjevniji, a neispunjavanje zahtjeva rezultira gubitkom kupaca.

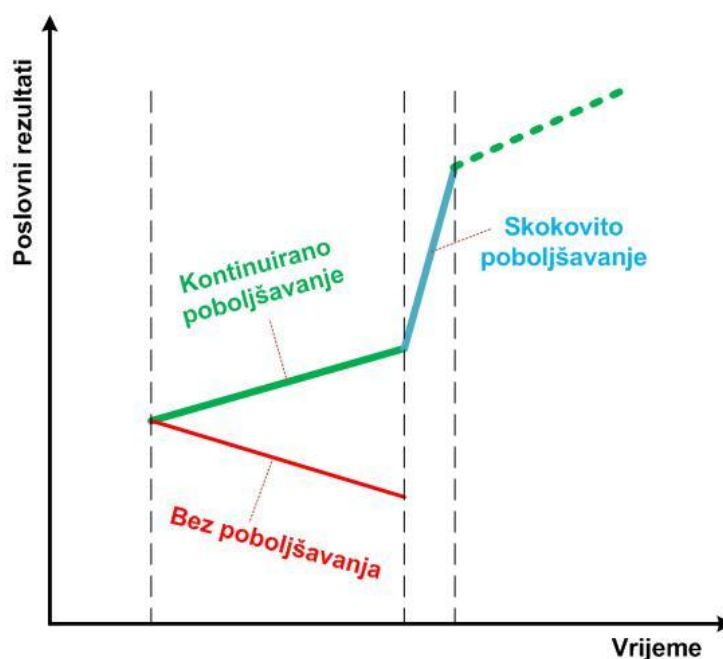
Proces poboljšavanja je potrebno provesti sustavno pri čemu je potrebno:

- definirati i analizirati procese postojećeg stanja
- definirati i razumijeti probleme
- analizirati uzroke problema i identificirati temeljne uzroke
- definirati i odabrati rješenja poboljšavanja
- provesti poboljšavanja procesa
- standardizirati rješenja

Temeljni cilj svake organizacije koja nastoji biti konkurentna na tržištu je ustrojavanje organizacijske strukture koja je u mogućnosti postići poslovnu izvrsnost koja se očituje u vrhunskoj kvaliteti proizvoda i usluga koja zadovoljava kriterije kupaca, dobiti, motiviranosti zaposlenika, učinkovitosti procesa i tehnologiji. Organizacije koje su uspješne u tome, primjenjuju različite metodologije i koncepte poboljšavanja kvalitete vlastitih proizvoda i procesa. Postizanje poslovne izvrsnosti je proces kontinuiranog poboljšavanja koji nikad nije gotov, tj. cilj je da on postane stalna praksa i dio radne kulture.

Zadatak menadžmenta poduzeća je da prilikom definiranja poslovnih procesa i njihovih poboljšavanja odabere kocept poboljšavanja ili kombinaciju više njih, smisli plan implementacije uz edukaciju zaposlenih i način na koji će se takav način poslovanja pretvoriti u radne navike svakog zaposlenika poduzeća.

Procesi poboljšavanja primjenom neke od metodologija, odnosno koncepata poboljšavanja s obzirom na neki promatrani vremenski period mogu dovesti do postepenog kontinuiranog rasta poslovne izvrsnosti i kvalitete (u nekim slučajevima i skokovitih porasta u kratkom vremenskom periodu). Prikaz odnosa slučaja primjene poboljšavanja poslovnih procesa i slučaja bez nikakvog poboljšavanja, u nekom vremenskom periodu, je dan na [Slika 7].



Slika 7. Prikaz poboljšavanja poslovnih procesa [6]

Neke od metodologija, odnosno koncepata za postizanje poslovne izvrsnosti, tj. poboljšavanja poslovnih procesa su:

- "Totalno upravljanje kvalitetom (eng. "TQM" - Total Quality Management)
- "20 ključeva"
- "Šest sigma"
- "Vitka proizvodnja" (eng. Lean Production)

U nastavku ovog rada je dan opis osnovnih karakteristika "vitkog menadžmenta", odnosno "Vitke" proizvodnje koja se koristi za unapređivanje cjelokupnog poduzeća eliminiranjem gubitaka koji nastaju za vrijeme procesa rada.

## 2. OSNOVE VITKOG MENADŽMENTA

### 2.1. Što je to vitki sustav upravljanja? [7]

Vitki sustav upravljanja se temelji na ideji da se poveća vrijednost proizvoda ili usluge za kupca, uz smanjivanje troškova u obliku gubitaka. Vitki sustav doslovno znači stvaranje više vrijednosti za kupce s manje resursa. Naziv "vitki" je doslovan prijevod od engleskog naziva "Lean", a još se koristi i prijevod "racionalan".

Vitka organizacija koja primjenjuje koncept vitkog sustava upravljanja razumije što kupcu predstavlja vrijednost i fokusira svoje ključne procese na njeno povećanje. Idealni krajnji cilj vitkog sustava upravljanja je pružanje vrhunske vrijednosti kupcu kroz primjenu procesa koji stvaraju vrhunsku vrijednost, a da nemaju nikakve gubitke (eng. ZW -Zero Waste).

Kako bi se postiglo stvaranje vrijednosti sa što manje gubitaka, vitko razmišljanje mijenja fokus menadžmenta sa odvojenog optimiranja pojedinih tehnologija, imovine, i vertikalnih odjela, na optimiranje toka proizvoda i usluga kroz cijeli tok vrijednosti koji se kreće horizontalno kroz primjenjene tehnologije, imovinu i odjele prema krajnjem cilju, a to je kupac.

Primjenom vitkog sustava upravljanja, organizacija je u mogućnosti odgovoriti na promjenjive zahtjeve kupaca za visokom varijabilnosti, visokom kvalitetom, niskim troškovima i kratkim vremenima čekanja na isporuku.

Eliminarenjem gubitaka kroz cijeli tok vrijednosti, umjesto sa izoliranih područja i procesa organizacije, vitka organizacija se za stvaranje vrijednosti kupcu sa visokom kvalitetom koristi procesima koji zahtijevaju :

- manje ljudskog rada i napora
- manje proizvodnog prostora
- manje investicija
- manje alata i zaliha
- manje vremena izrade.



## 2.2. Razvoj koncepta vitkog menadžmenta [7-9]

Prvi slučaj prave integracije proizvodnih procesa susrećemo u realizaciji proizvodnje pod nazivom **"Pokretna proizvodnja"**, koju je **Henry Ford** 1913. godine uspio ostvariti kombinacijom upotrebe standardnih dijelova, standardiziranog rada i pokretne montažne trake (Slika 8), koja se gibala u proračunatom taktu. Proces proizvodnje je bio podjeljen u proizvodne korake koji su bili, gdje je to bilo moguće, poredani u obliku niza procesa koji su koristili strojeve posebne namjene i kontrolne uređaje koji su sprečavali prolaz defektnih dijelova u sljedeći proces u nizu. Sustav je bio revolucionarni korak u odmak u odnosu na komadnu proizvodnju u malim radionicama u kojima su se koristili strojevi opće namjene koji su bili grupirani prema vrsti obrade, te su proizvodili velike količine istovrsnih dijelova koji su stvarali velike zalihe i pojavu velikog broja defekata, jer su morali čekati proizvodnju ostatka dijelova nužnih za finalnu montažu. Za proizvodni sustav kojeg je Henry Ford razvio se može reći da je pokrenuo razvoj masovne proizvodnje.



**Slika 8. Pokretna montažna traka Henrya Forda [7]**

Problem Fordovom sistemu nije predstavljao protok proizvodnje ili rješavanja zaliha jer su se čitava skladišta gotovih proizvoda praznila veoma često, svakih nekoliko dana. Problem je bio nemogućnost pružanja varijantnosti, te kada su je kupci počeli tražiti Ford je počeo gubiti utrku na tržištu od konkurencije, koja je svaka na neki svoj način ostvarivala mogućnost pružanja različitih varijanti proizvoda.

Rješavanju problema varijantnosti proizvoda u to vrijeme, točnije 1930-ih godina prošlog stoljeća, pristupa jedno, tada relativno nepoznato japansko proizvodno poduzeće Toyota Auto Loom Company, koje se do tada bavilo proizvodnjom automatiziranih tkalačkih stanova, te koje je pod vodstvom Kiichira Toyode počelo ulagati u razvijanje malih benziskih motora. Godine 1937., **Kiichiro Toyoda** (Slika 9) je osnovao **Toyota Motor Corporation**, čije se područje rada razvijanja malih benziskih motora kasnije pretvara u proizvodnju automobila za japansko tržište.



**Slika 9. Kiichiro Toyoda [7]**

Kiichiro Toyoda, Taiichi Ohno i ostali u Toyoti, nakon Drugog svjetskog rata još intenzivnije pristupaju rješavanju problema varijantnosti u proizvodnji koje postaje temeljni zahtjev za opstankom te organizacije na malom poslijeratnom japanskom tržištu. Dolaze do ideje da bi se uz niz jednostavnih inovacija mogao ostvariti kontinuirani tok procesa i široka paleta varijanti proizvoda u ponudi. Nakon ponovnog razmatranja i redizajna Fordovog koncepta, uz dodana njihova poboljšanja, razvio se novi oblik proizvodnog sustava upravljanja i razmišljanja pod nazivom "**Toyotin proizvodni sustav**" ili skraćeno TPS (eng. Toyota Production System), za čiji razvoj neki pripisuju najveće zasluge **Taiichi Ohno-u**.



**Slika 10. Taiichi Ohno [8]**

Karakteristika Toyotinog proizvodnog sustava je da se preusmjerava fokus proizvodnih inženjera sa kontrole i analize pojedinačnih strojeva i njihovog iskorištenja, na protok proizvoda kroz cijelokupni sustav procesa proizvodnje. U Toyoti su zaključili da se uz primjenu odgovarajućih inovacija i rješenja, može ostvariti niska cijena, visoka varijabilnost, kvaliteta i vrlo kratka vremena od narudžbe do isporuke.

Inovacije i rješenja u proizvodnji koja je Toyotin proizvodni sustav uveo kako bi rješio problem cijene, varijabilnosti, kvalitete i vremena isporuke su:

- upotreba strojeva i uređaja koji su prilagođeni potrebnom obujmu proizvodnje
- upotreba strojeva i uređaja sa automatskom samokontrolom kako bi se osigurala sigurna kvaliteta proizvoda, tj. proizvodnja bez škarta
- organizacija strojeva i opreme prema toku tehnološkog procesa kroz sve korake u procesu proizvodnje s ciljem ostvarivanja kontinuiranosti toka procesa
- uvođenje kratkih pripremno-završnih vremena strojeva s ciljem da svaki stroj može proizvesti male serije više različitih djelova ili proizvoda
- uvođenje sustava obavješćavanja svakog koraka procesa svom prethodnom koraku o trenutnom stanju i zahtjevima za materijalom (sirovinom) s ciljem ostvarivanja sistema povlačenja (eng. pull system) kojim se ostvaruje proizvodnja točno onog broja djelova koji je potreban u sljedećem koraku tehnološkog procesa.

Krajem 1980-ih godina prošlog stoljeća Japan se afirmirao kao jedna od vodećih industrijskih nacija, a organizacije za koje donedavno nitko nije čuo, počele su širiti svoje poslovanje i otvarati proizvodne pogone u SAD-u i Europi. Među njima su se nalazila poduzeća Toyota, Nissan, Honda, Sony, Panasonic i cijela skupina ostalih poduzeća koja su predstavljala primjer uspješnosti u svom sektoru proizvodnje. To je natjeralo razne "zapadnjačke" kompanije na špijuniranje, tj. benchmarking istraživanje kako bi saznale na koji način i primjenom kojeg proizvodnog sustava su ih uspjele u tako kratko vrijeme prestići u poslovnim rezultatima.

Rezultat je istraživački rad automobilske industrije u Japanu na osnovu kojeg je napisana knjiga "The machine that changed the world" autora J.P.Womack-a i D.T.Jones-a u kojoj se prvi put opisuju razlike između japanske i "zapadnjačke" automobilske industrije i kojoj se po prvi put koristi izraz "**Lean**" za Toyotin način proizvodnje.

"**Lean**" u doslovnom prijevodu sa engleskog znači "**vitak**". Taj izraz je iskorišten kao najpogodniji za opis tog načina proizvodnje koji koristi manje resursa nego je bilo uobičajeno, a postiže vrhunske rezultate. Vitki koncept se najviše razvio zajedničkim ulaganjem Toyote i njenog najvećeg konkurenta GM (General Motors) iz SAD-a, u istraživanja prilikom implementacije "vitkog" koncepta u poduzeća u Europi i SAD-u.

Filozofija vitke proizvodnje, odnosno vitkog menadžmenta se sve više primjenjuje diljem svijeta i to ne samo u proizvodnom sektoru. Vitki menadžment je pronašao put i u ostalim organizacijama, neovisno čime se one bave.

Prilikom zajedničkog istraživanja "vitkog" kocepta proizvodnje , istraživači su svojim studijama definirali pet principa vitkog menadžmenta, sedam tipova rasipanja/gubitaka i osnovne alate.

### **2.3. Osnovni koncepti i alati vitkog menadžmenta**

Vitka proizvodnja se prema [2] definira kao proizvodna filozofija koja kada je implementirana, skraćuje vrijeme od narudžbe kupca do isporuke gotovog proizvoda, eliminirajući pri tome sve izvore rasipanja, odnosno gubitaka u proizvodnom procesu.

Kako bi se to postiglo potrebno je sustavno organizirati proizvodne pogone i procese na način da oni budu fleksibilni i učinkoviti, što je moguće postići skraćivanjem vremena proizvodnog procesa, izbacivanjem svih nepotrebnih aktivnosti, tj. smanjenjem ili eliminiranjem svih oblika rasipanja/gubitaka. Glavni cilj je isporučiti proizvod ili uslugu koja zadovoljava želje kupaca, sa što manje gubitaka.

Principi "vitke" filozofije, definiranje gubitaka i primjena kombinacije odgovarajućih alata predstavlja temeljni okvir za uspješno provođenje "vitke" filozofije u nekoj organizaciji.

#### **2.3.1. Sedam tipova gubitaka u proizvodnji [6] [2]**

Gubici (eng. waste, jap. muda), tj. rasipanja su elementi proizvodnog procesa koji ne sadrže nikakvu vrijednost, tj. to su aktivnosti koje ne donose direktnu vrijednost proizvodu. [2]

Kako je Taiichi Ohno [Slika 10] prilikom razvijanja poznatog Toyotinog proizvodnog sustava, definirao podjelu gubitaka, prilikom implementacije "vitke" filozofije, odnosno proizvodnje susrećemo sa sedam tipova gubitaka koje je potrebno u organizaciji otkriti i pronaći rješenja za njihovo uklanjanje.

Sedam gubitaka u proizvodnji su:

1. Nepotrebna proizvodnja
2. Čekanje
3. Transport
4. Nepotrebni procesi
5. Nepotrebni pokreti
6. Zalihe
7. Defektni proizvodi(škart)

**Nepotrebna proizvodnja** koju čini proizvodnja nepotrebnih proizvoda ili prerana proizvodnja potrebne robe ili proizvodnja prevelike količine robe. Karakteristike nepotrebne proizvodnje su:

- stvaranje proizvoda koji se ne mogu plasirati na tržištu
- uporaba predetaljne obrade
- izvođenje operacija koje nisu potrebne
- prekomjerna administracija, tj. stvaranje dokumentacije koju nitko ne zahtjeva ili koja se uopće neće koristiti
- loše predviđanje, tj. procjenjivanje zahtjeva tržišta
- slanje uputa prema više ljudi
- proizvodnja "za svaki slučaj"

Rezultat takve neorganiziranosti i krivih rasporeda proizvodnje dovodi do udaljavanja od kupaca i nerazumijevanja njihovih promjenjivih zahtjeva, što rezultira dugim rokovima isporuke, dugim vremenima promjene, dugim proizvodnim ciklusima i na kraju i velikom količinom proizvoda, jer se razvojem ideje da bi kupac mogao tražiti više od očekivanog pristupa razmišljanju da se "za svaki slučaj" proizvode više proizvoda

**Čekanje** se odnosi na sve zastoje koji nastaju zbog čekanja koji dolaze od ljudi, procesa, rada u tijeku koji se ne kreće jer čeka instrukcije, informacije, sirovine ili druge resurse neophodne za nastavak rada ili čekanje na isporuku. Takvi zastoji su rezultat lošeg planiranja, pa je potrebno više pažnje posvetiti planiranju cjelokupnog procesa proizvodnje na način da se detaljno prouče svi pokreti u operacijama, sinkronizira i ujednači proizvodnja.

**Transport** se odnosi na nepotrebne pokrete koji se događaju kada su procesi fizički udeljeni jedni od drugih umjesto da se primjeni sekvencionalni princip odvijanja procesa, gdje su procesi pozicionirani jedan uz drugoga ovisno o toku tehnološkog procesa. Rezultat fizičke odvojenosti procesa zahtjeva prekomjernim transportiranjem i rukovanjem materialom i opremom kako bi se proces mogao nastaviti sljedećem koraku. Karakteristike gubitaka u transportu su nepotrebno kretanje materijala između operacija ili skladišnih površina, neučinkovit transport informacija, korištenje starih, neučinkovitih razmjesta (eng. layout) kretanja materijala, pa se preporuča bolji međusobni razmještaj pojedinih operacija npr. poput proizvodnih ćelija.

**Nepotrebni procesi** ili prekomjerna obrada može dovesti do proizvodnje prekompleksnih proizvoda ili usluga koje kupac ne treba ili ne želi platiti, tj. on u tome ne vidi dodanu vrijednost, a izravna je posljedica:

- predimenzioniranosti strojeva,
- korištenju previše procesa obrade,
- uporabe krive ili nedostajuće tehnološke opreme sa povećanim pripremno-završnim vremenima i čišćenjima između obrade, te
- lošeg dizajna,

**Nepotrebni pokreti** su oni pokreti koje obavljaju ljudi, proizvodi ili oprema, a koji ne dodaju vrijednost proizvodu u toku procesa. Primjer nepotrebnih pokreta je ponavljajuće kretanje radnika od proizvodnog područja do područja s dijelovima ili traženje potrebnih informacija, premještanje nepotrebne opreme. Kako bi se ubrzao proces takvi pokreti se moraju bolje organizirati ili eliminirati, te ako je moguće i automatizirati.

**Zalihe** su usko povezane sa nepotrebnom i prekomjernom proizvodnjom prilikom koje se stvaraju velike zalihe koje stoje i akumuliraju troškove ("zamrznuti kapital u skladištima"), te ne stvaraju nikakvu vrijednost.

**Defektni proizvodni (škart)** ili popravci su najčešće rezultat ne postojanja preventivnog sistema. Kada nastane greška ili kada defektni proizvod pređe u sljedeći korak procesa ili u najgorem slučaju dođe do kupca, pojavljuje se gubitak jer nešto mora biti ponovno izrađeno, sklopljeno po drugi put ili servisirano, a kupac plaća samo jednom.

Sustavnim dobrim planiranjem i organizacijom rada, vođenim primjenom osnovnih principa "vitke" filozofije i menadžmenta i uporabom kombinacije najpogodnijih alata koji omogućuju ostvarivanje primjene tih principa, moguće je obavljanje nečega pravilno po prvi puta, što je najefikasniji način i s najmanje otpada/gubitaka.

### 2.3.2. *Općenito o alatima vitkog menadžmenta [6-12]*

Vitki menadžment, odnosno proizvodnja, tokom izvođenja proizvodnih procesa primjenjuje alate i prakse, koje kada se primjene postaju radna rutina i način razmišljanja u organizaciji koja želi smanjiti ili eliminirati gubitake koji nastaju.

Prilikom implementacije i provođenja "vitke" filozofije, ona po nekim karakteristikama postaje jedinstvena za svako poduzeće i organizaciju. Zbog toga nije moguće definirati jedan jedinstveni set alata koji bi, kada se jednom implementira, transformirao "tradicionalnu" organizaciju u "vitku" organizaciju. Postoji cijeli niz alata i praksi koji se već duže vrijeme primjenjuju u "vitkoj" organizaciji, ali ne za transformaciju "tradicionalne" u "vitku", već samo služe kao pomoć za postizanje onoga što "vitka" filozofija zagovara, a za neke koji se najčešće koriste u nastavku rada je dan općenit opis.

#### 2.3.2.1. *Disciplina i kontrola radnog mjesta (5S)*

Metodologija discipline i kontrole radnog mjesta ili 5S, je praksa koja se razvila iz Toyotinog proizvodnog sustava koji predstavlja osnovu "vitkoj" filozofiji. 5S predstavlja metodologiju organizacije, čišćenja, razvoja i održavanja produktivne radne okoline i kreiranje radnog prostora koji je organiziraniji i efikasniji. Glavna misao vodilja 5S metodologije je da čisti radni prostor osigurava sigurniju i produktivniju okolinu za zaposlene, te promovira dobro poslovanje. Iza naziva, tj. kratice 5S stoji pet pojmova koji na japanskom i engleskom jeziku počinju slovom "S", a predstavljaju discipline koje bi zaposlenici trebali koristiti kako bi stvorili radno mjesto pogodno za "vitku" proizvodnju.

Značenje 5S pojmova sa engleskim i japanskim nazivom(u zagradi) prema redosljedu implementacije je :

1. "Sort (jap. Seiri)" : sortirati
2. "Set in order (jap. Setion)" : posložiti, dovođenje u red
3. "Shine (jap. Seiso)" : sjaj, čišćenje, urednost
4. "Standardise (jap. Seiketsu)" : standardiziranje prethodnih aktivnosti, disciplina
5. "Sustain (jap. Shisuke)" : održavanje i poboljšavanje postignutih disciplina

Čisto i sistematično organizirano radno mjesto povećava sigurnost na radnom mjestu, te radnu učinkovitost, [2].



Osnovne aktivnosti i discipline koje se primjenjuju prilikom implementacije 5S metodologije su u kratko opisane u sljedećih pet koraka, [9].

**1. korak - sortirati:** je disciplina u kojoj zaposlenici počiste svoje radno mjesto i sortiraju stvari poput alata, materijala i dokumentacije koji su neophodni za nesmetano obavljanje poslova, te da samo njih drže na radnom mjestu ili u neposrednoj blizini. Stvari se kategoriziraju prema učestalosti uporabe i sortiraju tako da najbliže radnom mjestu stoje one stvari koje se najčešće koriste, stvari koje se malo manje koriste smještaju se u neposrednu blizinu, dok ostale stvari koje nemaju čestu uporabu odlaze u neko centralno mjesto namijenjeno za zbrinjavanje takvih stvari. Takav pristup omogućuje radnicima olakšano održavanje radnog mjesta.

**2. korak - posložiti:** je postupak analiziranja i definiranja ergonometrije radnih mjesta i načina kojim se rukuje materijalom, alatima i opremom, nakon čega se postiže disciplina organizacije radnog mjesta da svi učestalo korišteni alati, materijali i oprema postanu stalno i lako dostupni. To se postiže nakon jasnog definiranja mjesta gdje se nalaze i da se uvijek na isto mjesto vraćaju nakon uporabe, što stvara vidljivo poboljšanje u proizvodnom pogonu, a novi pregledniji raspored stvari dodatno olakšava održavanje radnog mjesta.

**3. korak - čišćenje:** ili urednost započinje cjelokupnim ("generalnim") čišćenjem radnog područja, uključujući sve površine koje se koriste u njemu. Namjena takvog pristupa je detaljna provjera radnog mjesta prilikom koje se mogu otkriti manji problemi koji kasnije mogu prijeći u veće, poput istrošenih dijelova ili dijelova koji nedostaju. Urednost radnog mjesta je moguće postići i održavati čišćenjem u trajanju od 5 do 10 minuta dnevno.

**4. korak - standardiziranje:** ili disciplina je održavanje koraka 1 do 3. Definira se standard i smjernice kakvo radno mjesto mora biti, ocjenjuju se radna mjesta pojedinačno s ciljem postizanja kompetitivnosti (natjecanja) radnih mjesta u postizanju standarda, što rezultira i mogućim otkrivanjima poboljšavanja standarda.

**5. korak - održavanje i poboljšavanje:** postignutih disciplina je kontinuirano istraživanje i napor kako bi se poboljšali radni uvjeti i rezultati 5S metodologije. Zahtjevi menadžmenta na kontinuirano poboljšavanje potiče radnike da sami počinju učiti o disciplinama kojim se bave i dolaze u mogućnost samostalne analize, procjenjivanja efikasnosti primjenjenih disciplina te pronalasku njihovog mogućeg poboljšanja.

### 2.3.2.2. Vizualna kontrola (Andon)

Kako bi pojednostavnila poslovanje radnicima i kako bi se izbjegle greške, "vitka" se proizvodnja značajno fokusira na primjenu vizualnih kontrola. Vizualna kontrola je alat/praksa za unaprijeđivanje kvalitete koji zahtijeva da se cijeli radni prostor opremi s vidljivim i intuitivnim signalima koji omogućuju radnicima da odmah znaju što se događa, da razumiju svaki proces i jasno vide što se izvodi pravilno i ako je došlo do problema.

Vizualna kontrola koristi razne mehanizme poput znakova obavještanja, oznaka zaštite, naljepnica te raznih oznaka u bojama. Najčešće se primjenjuju mehanizmi za obavještanje zaposlenika o rezultatima rada i napretku, ispunjenosti normi, te koliko se defekata pojavljuje i signalne ploče ili bljeskalice za prekid rada u slučajevima pojave defekata.

Jedan od mogućih mehanizama vizualne kontrole je ANDON, elektronska ploča ili bljeskalica koja omogućava vidljivost statusa na radnim mjestima. ANDON se za obavještanje o statusu radnog mjesta i pružanje informacija koje pomažu u koordinaciji napora za povezivanje radnih centara, koristi signalnim svjetlima, gdje zeleno svjetlo znači da radno mjesto/stanica "radi", crveno da "ne radi" i žuta svjetlost da je "potrebna pažnja" na radnom mjestu/stanici. Ovisno o potrebi mogu se razviti razne varijante, pa je tako jedna od njih primjena i četvrte plave boje za "potreban materijal/sirovina". Na [Slika 11] je dan prikaz kako izgledaju signalne bljeskalice koje se mogu koristiti u ANDON sustavu.



Slika 11. Primjer ANDON bljeskalice [10]

U organizaciji gdje se primjenjuje ANDON sustav vizualne kontrole, proizvodnja je organizirana na način da se u slučaju svakog pojavljivanja signala "ne radi" ili "potrebna pažnja" zaustavlja proizvodna traka i svi radnici zaposleni na toj traci sudjeluju kao tim u rješavanju problema. Glavna korist vizualne kontrole je da primjena takve jednostavne intuitivne metode brzo daje do znanja zaposlenima kada se procesi pravilno odvijaju, a kada ne, što na kraju dovodi smanjenja škarta(defekanih proizvoda/usluga), odnosno povećanja kvalitete.

### 2.3.2.3. *Standardizirani procesi*

Kako bi se osiguralo da je zahtjevana razina kvalitete proizvoda, konzistentnost, efektivnost i efikasnost izvođenja procesa zadovoljena, potrebna je primjena dokumentiranih koraka procesa ili standardne operativne procedure (eng. SOP-Standard operation procedures). Takav pristup je važan jer je veoma značajno tokom rada znati koje procese treba obaviti i znati kada se oni pravilno odvijaju.

Rezultat primjene standardizacije procesa je kreiranje i dokumentiranje jasno definiranih operacija i za radnike i za strojeve, te se na taj način mogu definirati standardni poslovi koji su neophodni za smanjivanje grešaka i procesnih vremena. Takve jasno definirane operacije omogućuju primjenjivanje najbolje prakse u proizvodnim procesima. Standardizirani procesi također omogućuju osnovu za neprekidno napredovanje jer dokumentirani se procesi jednostavno analizirati i poboljšati.

Za definiranje standardiziranih procesa mogu se koristiti standardne operativne procedure prikazane pomoću slika, riječi, tablica, simbola, boje i vizualnih indikatora s ciljem prenošenja intuitivnih poruka različitim radnim grupama prema kojima one znaju koja je točno procedura i način izvođenja pojedinih operacija.

### 2.3.2.4. *Dokazivanje pogrešaka (Poka-Yoke)*

Poka-Yoke je japanski naziv za sistem dokazivanja pogrešaka, te predstavlja još jedan sistem unaprijeđenja kvalitete i smanjivanja gubitaka kojeg često primjenjuje "vitka" filozofija. Dokazivanje pogrešaka je osnovna sigurnosna aktivnost za sprečavanje nastanka pogrešaka na njihovom izvoru.

U sistem dokazivanja pogrešaka spada bilo koji uređaj, mehanizam ili tehnika koji ili sprečavaju pravljenje pogreške ili čine pogrešku toliko očitom da rezultiraju s izbjegavanjem njenog nastanka. Cilj dokazivanja pogrešaka je ili sprečavanje uzroka nastanka defekata u proizvodnji ili osiguranje da svaki proizvod može biti ispitan unutar troškovno efektivnih okvira kako niti jedan defektni proizvod ne bi napustio taj dio procesa gdje je nastala pogreška i krenuo u sljedeći proces.

Poka-Yoke sustav dokazivanja pogrešaka može ponuditi rješenja organizacijama koje npr. učestalo imaju nedostatke u pakiranju svojih proizvoda kao npr. kada netko zaboravi staviti upute za uporabu ili vijak za montažu. Primjenom Poka-Yoke naprave (različiti senzori ili automatsko obavljanje kritične radnje) može biti mnogo efikasnija nego zahtjevanje i pozivanje radnika na opreznost. [11]

#### 2.3.2.5. Cjelovito učinkovito održavanje (TPM)

"Vitka" proizvodnja zahtjeva obraćanje pozornosti na pitanja o produktivnosti i pouzdanosti strojeva i opreme koja se koristi u proizvodnji kroz primjenu sustava Cjelovitog učinkovitog održavanja (skraćeno TPS).

Cjelovito učinkovito održavanje (eng. TPM-Total Productive Maintenance) se može definirati kao stalno poboljšavanje ukupne učinkovitosti pogonskih postrojenja uz aktivno sudjelovanje svih djelatnika, [12].

Sustav TPM-a koji je razvijen u sklopu razvijanja Toyotinog proizvodnog sustava se sastoji od cijelog niza tehnika poput korektivnog i preventivnog održavanja, uz neprekidne napore prilagođavanja, mijenjanja i podešavanja opreme kako bi se povećala fleksibilnost, smanjilo rukovanje materijalom, te omogućavalo i poticalo neprekidni tijek procesa. TPM je održavanje orijentirano operateru koje uključuje sve kvalificirane zaposlenike u svim aktivnostima održavanja.

Zadatak TPM-a je da zajedno sa, predhodno opisanim, sustavom 5S osigura dostupnost resursa eliminiranjem gubitaka koji nastaju uporabom neispravne opreme. Ciljevi koji se žele postići primjenom TPS sustava su poboljšanje kvalitete proizvoda, smanjenje gubitaka, poboljšanje stanja održavanja strojeva i opreme, te prenošenje određenih ovlaštenja na djelatnike.

Rezultati koji se time mogu postići, a ujedno predstavljaju dodatne ciljeve su smanjenje troškova, povećanje produktivnosti, te prekidanje "začaronog" kruga reaktivnog (korektivnog ili interventnog) održavanja, tj. prestanak održavanja na način otklanjanja kvarova tek kada oni nastanu. Zadatak rukovatelja strojeva je da provode poslove rutinskog održavanja što podrazumijeva provođenje čišćenja, podešavanja, preventivnog održavanja i podmazivanja i korektivnog održavanja, a za to je potrebno rukovateljima pružiti sve alate i materijale i potrebno obrazovanje. Zadatak mehaničara je provođenje odabranih zadataka poput testiranja osnovnog funkcioniranja strojeva i opreme i sustava posluživanja strojeva pokretanjem i isključivanjem, praćenjem rada strojeva i opreme i kontrole procesnih parametara, te se i za to mora posvetiti pažnju da osobe koje to obavljaju znaju što rade i da imaju na raspolaganju svu opremu i alate za obavljanje svog posla.

Glavni ciljevi TPM-a se mogu svesti na tri osnovna, i to da se želi postići da:

- **nema neplaniranih zastoja** pogonskih postrojenja (eng. zero breakdowns)
- **nema pogrešaka na proizvodu** uzrokovanih pogonskim postrojenjima (eng. zero defects)
- **nema gubitaka brzine** (kapaciteta) pogonskih postrojenja

Glavne karakteristike TPM-a su :

- To je pristup stalnom poboljšavanju uspješnosti pogona i strojeva
- Zahtjeva djelotvorni timski rad, razvoj vještina za rukovatelje strojeva i održavatelje
- Nije preskup za provedbu, ali nije niti lak za provedbu
- Zahtjeva podršku rukovodstva.

#### 2.3.2.6. Cjelovito upravljanje kvalitetom (TQM) [13]

Cjelovito ili sveobuhvatno upravljanje kvalitetom (eng. TQM- Total Quality Management) je jedan oblik sustava upravljanja kvalitetom koji se temelji na sudjelovanju svih članova organizacije. TQM je poslovna filozofija i sistem koji se fokusira na usavršavanje kvalitete cijelog poslovnog sustava i koji je usmjeren na kontinuirano unapređivanje proizvoda i usluga s ciljem postizanja visoke razine zadovoljstva kupaca i njihove odanosti organizaciji.

Upravljanje kvalitetom je način upravljanja kojim se ostvaruju ciljevi postizanja zadovoljavajuće kvalitete kroz planiranje, praćenje, osiguravanje i poboljšavanje kvalitete.

U suvremenim uvjetima poslovanja, upravljanje kvalitetom postaje poslovna funkcija kao bilo koja druga funkcija u organizaciji( npr. prodaja) ali sa razikom u tome što se svi u organizaciji, ljudi svih specijalizacija i iz svih odjela moraju uključiti u njeno sprovođenje. Takvim pristupom da svi sudjeluju, postiže se cjelovito upravljanje kvalitetom - TQM.

TQM predstavlja način funkcioniranja organizacije koja uvodi stalna poboljšavanja poslovanja na svim razinama i u svim aktivnostima, stvara odgovarajuće okruženje kroz timski rad, povjerenje i poštovanje, procesima pristupa sustavno, dosljedno i organizirano, tražeći moguća poboljšanja u svim segmentima procesa kako bi se postigla visoka ili unapređena kvaliteta.

TQM donosi sljedeće prednosti u poslovanju:

- povećava se kvaliteta proizvoda i usluga
- povećava se zadovoljstvo kupaca i njihova vjernost
- jača konkurentska sposobnost organizacije i snaga na tržištu
- smanjuju se troškovi poslovanja
- povećava se produktivnost i profitabilnost poslovanja
- povećava se zadovoljstvo zaposlenih
- povećava se kvaliteta upravljanja
- povećava se ugled i vrijednost organizacije.

#### 2.3.2.7. *JIT upravljanje [14][15]*

JIT menadžment (eng. JIT- Just-In-Time management) je oblik upravljanja proizvodnjom i zalihama u organizaciji, koji je razvijen u sklopu razvijanja Toyotinog proizvodnog sustava (TPS), a prihvaćen je u cijelom svijetu. Temelji se na konceptu proizvodnje bez zaliha i skladišta (ili njihovim drastičnim smanjivanjem), te je još poznat i kao proizvodnja bez skladištenja. Koncept JIT-a zahtjeva da dobavljači isporučuju komponente neophodne proizvodnji prije montaže u pogonu. JIT menadžment zahtjeva sustavno planiranje i organizaciju rada i jasno definirane ugovorne obveze i strogo poštivanje rokova isporuke. Za JIT se može reći da je to set principa, alata i tehnika koje omogućuju organizaciji proizvodnju i isporuku proizvoda/usluga u malim serijama/količinama, sa kratkim vremenima od narudžbe do isporuke uz ispunjavanje svih zahtjeva i želja kupaca.

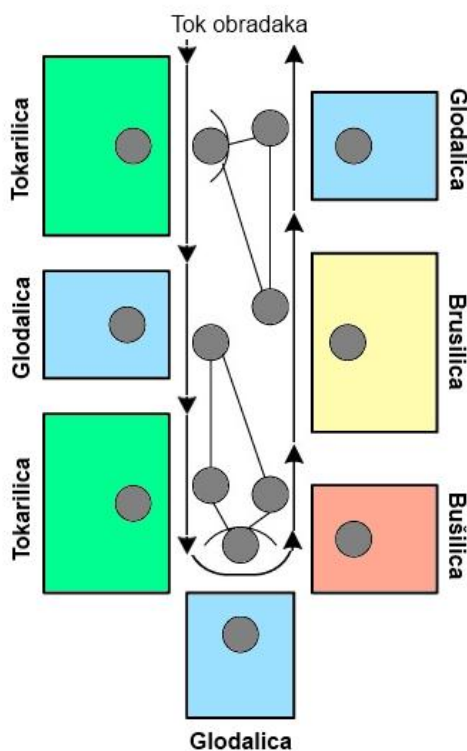
Jednostavnije rečeno, JIT omogućuje isporuku pravih stvari u pravo vrijeme u pravim količinama. Snaga JIT-a leži u tome što omogućuje organizaciji sposobnost odgovora na česte promjenjive zahtjeve kupaca.

JIT zahtjeva osiguravanje kontinuiranog toka proizvodnje što se može ostvariti dobro organiziranim, tj. stabiliziranim proizvodnim procesom, korištenjem stanične proizvodnje, te korištenjem sustava povlačenja (eng. pull system) za popunjavanje potrebnih zaliha i sustavom kontrole sustava povlačenja kao što je kontola pomoću signalnih kartica (jap. Kanban).

Kako je prethodno rečeno, JIT se može definirati kao set principa, alata i tehnika kojim se ostvaruje proizvodnja sa smanjenom potrebom za zalihama, pa je u nastavku rada dan kratak opis nekih osnovnih alata i principa JIT-a.

### 2.3.2.8. Stanična proizvodnja

Stanična proizvodnja (eng. cellular manufacturing) predstavlja proizvodni proces koji proizvodi "familiju" dijelova unutar jedne linije ili stanice. Proizvodna stanica mora biti organizirana ergonomično kako bi smanjila napore radnika kako bi dohvatio dijelove ili alate potrebne za proizvodnju ili montažu. Primjenom stanične proizvodnje omogućuje se ostvarivanje komadnog protoka obradaka što olakšava postizanje kontinuiranog toka proizvodnje. Najčešće se prilikom organiziranja stanične proizvodnje koristi organizacija proizvodne ćelije u kojoj se strojevi raspoređuju u obliku slova "U", kao što je prikazano na [Slika 12].



Slika 12. Proizvodna "U" ćelija [15]

Prednosti korištenja proizvodne ćelije u obliku slova "U" su efikasno iskorištenje prostora, skraćivanje potrebnog hodanja radnika, vizualna preglednost procesa i olakšana komunikacija između radnika.



### 2.3.2.9. Ujednačena proizvodnja u razinama (Heijunka)

Ujednačena proizvodnja u razinama (eng. production leveling, jap. Heijunka) se odnosi na proizvodnju koja se odvija u određenim jedinstvenim ciklusima kako bi se spriječilo čekanje na red i zaustavljanje toka proizvodne linije. Proizvodnja u razini koristi proizvodna vremena ciklusa na pojedinačnim radnim stanicama koja su koordinirana u skladu s potrebom kupaca na način da se rad odvija neprekidno i bez zastoja tijekom cijelog proizvodnog procesa.

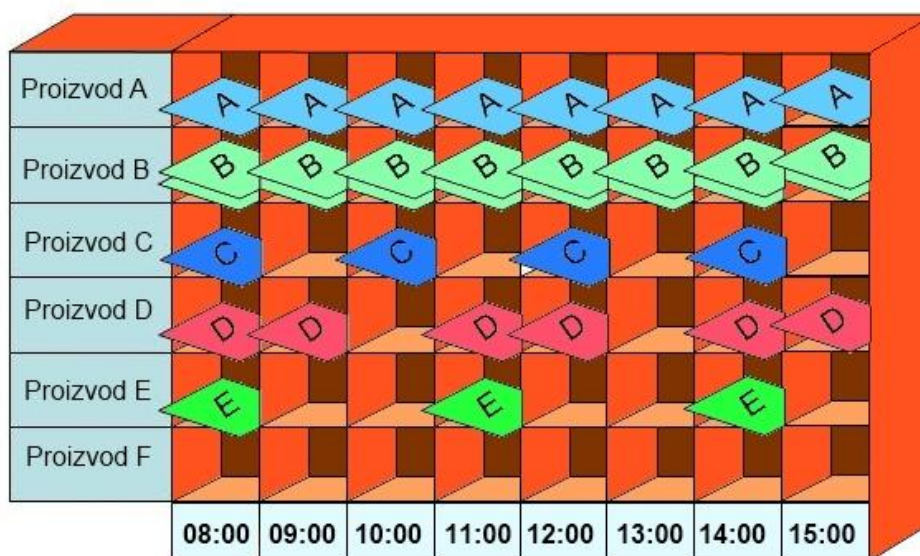
Kako bi se postigla ujednačena proizvodnja u razini, jedan od načina je uvođenje taktnog vremena prema procjeni koliko jedinica mora biti proizvedeno na svakom radnom mjestu kako bi se zadovoljila potražnja tržišta.

Taktno vrijeme određuje brzinu proizvodnje kojom se može zadovoljiti potražnja kupaca i time postaje glavni davatelj tempa "vitkog" sistema. Taktno vrijeme je temeljno za neometani kontinuirani tijek rada kroz proizvodne stanice i kao čimbenik u planiranju i raspoređivanju rada. Kako bi se moglo definirati taktno vrijeme, potrebno je definirati i redoslijed i količinu varijanti proizvoda ako postoje. Takav način definiranja organizacije proizvodnje zahtjeva sustavno isplaniran ciklus proizvodnje malih serija optimalno odabrane količine različitih proizvoda, kako bi se ujednačila proizvodnja, tj. postigao tok sa što manjim zastojima uzrokovanih promjenama na strojevima (pripremno-završna vremena) radi promjene načina izrade različitih proizvoda.

Ujednačavanje proizvodnje se može pojednostavniti primjenom alata za organiziranje ciklusa proizvodnje, a najpoznatiji vizualni alat za organiziranje rasporeda i ujednačenog ciklusa proizvodnje je Heijunka kutija u kojoj se sortiraju kartice koje predstavljaju narudžbe za izradom pojedinih varijanti proizvoda (npr. Kanban kartice).

Primjer Heijunka kutije može biti veća kutija u obliku stalaže sa manjim odjeljcima, kao što se pojavljuje u poštama za organizaciju i sortiranje pošte. Primjer kako može izgledati Heijunka kutija je dan na (Slika 13).

Heijunka kutija je smisleno podjeljena u redove i stupce, gdje redovi predstavljaju varijante proizvoda koji se trebaju proizvesti, a stupci identične vremenske periode, tj. cikluse u kojima se određena kombinacija varijanti proizvoda treba proizvesti.



**Slika 13. Primjer Heijunka kutije [16]**

Prilikom određivanja kombinacija raličitih varijanti proizvoda koje se treba proizvesti, ne polazi se od aktualnog toka pristizanja narudžbi kupaca, koji mogu postizati velike varijacije u zahtjevanoj količini. Temelj raspoređivanja je u sustavnoj analizi prilikom koje se u razmatranje uzima ukupni broj narudžbi u nekom određenom periodu vremena i jednoliko rasporedi kako bi se jednaka količina i kombinacija varijanti proizvela svaki dan. Ukoliko bi se proizvodnja odvijala prema aktualnom toku pristizanja narudžbi, proizvodnja bi se odvijala nepravilno bez ikakvog reda (npr. A,A,B,A,A,A,B,B,A,B,B,B,B,A,...), pa dolazi do situacija kada se prvog dana proizvodi dvostuka količina nego sljedećeg dana što rezultira obvezom plaćanja prekovremenog rada prvog dana, a drugi dan bi se radnike pustilo ranije sa posla. Kako bi se takve situacije izbjegle i "uštimalo"proizvodnju, kako je prije spomenuto, na osnovu cjelokupne aktualne narudžbe odredi se uzorak količine i varijacija i kreira "šablonu" prema kojoj će se ujednačiti i rasporediti proizvodnja svakog dana. Na primjeru da se zna da se treba proizvesti pet varijanti proizvoda A i pet B, ujednačena proizvodnja bi trebala proizvoditi prema "šabloni" ABABAB, a ne da se najprije proizvede pet proizvoda varijante A pa tek onda varijantu B jer bi se time stvarla bespotrebna zaliha proizvoda A dok bi se čekalo na završetak proizvodnje varijante B.

Dobro isplaniranim raspoređivanjem posla, odnosno sortiranjem narudžbi koje treba obaviti i uz primjenu vizualnog alata poput Heijunka kutije, ostvaruje se cilj ujednačavanja proizvodnje i pravovremenom isporukom varijante proizvoda koju kupac zahtjeva.

### 2.3.2.10. Kaizen

Kaizen je naziv koji se sastoji se od japanskih riječi "Kai" koja znači "promjena" i od riječi "Zen" koja znači "dobro". Kaizen je japanski naziv koji u doslovnom prijevodu znači "promjena na bolje", koji se koristi za kontinuirano poboljšavanje i može se definirati kao proces stvaranja malih postupnih poboljšavanja, bez obzira koliko su mala, koja dovode do cilja "vitke" filozofije" eliminiranja svih gubitaka/rasipanja koji stvaraju troškove a ne pridonose na vrijednosti. Kaizen traži da se svaki proces promatra i rastavlja na elementarne podprocese, odnosno aktivnosti koji ga čine i traže moguća poboljšanja tih elemenata pojedinačno čime se postže da promatrani proces postaje višestruko poboljšan i jednostavan za izvođenje i daljnju analizu.

Kaizen uči i potiče pojedince na stvaranje vještina:

- efektivnog rada u malim grupama/timovima,
- rješavanja problema,
- dokumentiranja i poboljšavanja procesa,
- prikupljanja i analize podataka,
- samoupravljanja unutar grupa.

Potiče radnike na donošenje prijedloga ili odluka o poboljšavanju i zahtjeva otvorene diskusije i dogovore grupe prije implementacije bilo kakve odluke, te ih navodi na postizanje osjećaja zajedništva unutar organizacije.

Kaizen filozofija je dnevna rutina koja se svakog dana provodi i traži da kada se postignu neki ciljevi poboljšanja oni posluže kao temelj diskusije za otkrivanje daljnjih poboljšanja.

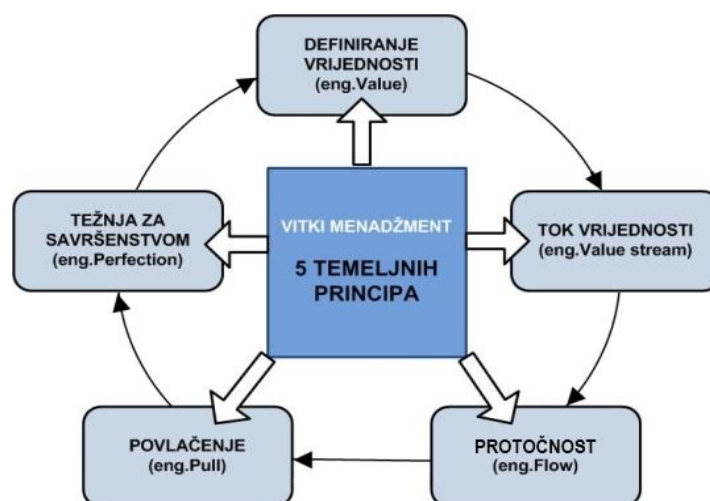
### 2.3.3. Temeljni principi vitkog menadžmenta

Organizacija koja nastoji poboljšati svoj način poslovanja putem implementacije "vitkog" menadžmenta usvajanjem praksi i alata "vitkog" menadžmenta, od kojih su neki u predhodnom dijelu rada opisani, mora početi i "vitko" razmišljati. To znači, da postati "vitka" organizacija ne znači samo koristiti prakse i alate "vitkog" menadžmenta, već je potrebno razumijeti cijeli koncept "vitkog" menadžmenta i filozofije i na takav način razmišljati prilikom bavljenja bilo kakvom aktivnosti u organizaciji.

Koncept "vitkog" menadžmenta se može opisati kroz pet temeljnih principa ili karakteristika pomoću kojih se može dobiti jasnu predodžbu o tome što i na koji način donosi takav kocept upravljanja, te na koji ga način i u kombinaciji s kojim alatima i praksama "vitkog" menadžmenta izvoditi u organizaciji.

Prema [17], pet temeljnih principa, odnosno koraka implementacije "vitkog" menadžmenta su:

1. Definiranje vrijednosti (eng. "value")
2. Tok vrijednosti (eng. "value stream")
3. Protočnost (eng. "flow")
4. Povlačenje (eng. "pull")
5. Težnja za savršenstvom (eng. "perfection").



Slika 14. Pet temeljnih principa vitkog menadžmenta [2]

### 2.3.3.1. Definiranje vrijednosti

Kritična polazna točka "vitkog" razmišljanja je shvatiti koja je značajnost vrijednosti za kupca i na koji ju način on definira. Definiranje vrijednosti iz perspektive kupca je veoma važno, bez obzira da li se radi o krajnjem korisniku ili korisniku u toku procesa.

Što se tiče kupčevog poimanja vrijednosti, može se reći da vrijednost stvara proizvođač ili pružatelj usluge i to mu je funkcija. Kupcu vrijednost predstavlja točno onaj proizvod ili usluga koje je naručio i koje ispunjavaju njihovu namjenu u potpunosti i koje posjeduju zadovoljavajuću kvalitetu. To je vrijednost koju je kupac spreman platiti i ne zanima ga na koji način se do te vrijednosti došlo.

Zadatak proizvođača i pružatelja usluge je shvatiti kupčevu definiciju vrijednosti prema njegovim zahtjevima i željama, te na osnovu toga definirati i organizirati postupak rješavanja tog zadatka. Rješavanju tog problema proizvođač ili pružatelj usluge mora pristupiti kroz primjenu najpovoljnije organizacije rada, procesa i alata, kako bi se postigla kvaliteta i vrijednost na zadovoljstvo kupca i organizacije koja želi ostvariti pozitivne rezultate poslovanja.

Kako bi se osiguralo postizanje definirane vrijednosti, potrebno je organizirati proces proizvodnje i poslovanja oblikovanjem toka vrijednosti.

### 2.3.3.2. Tok vrijednosti

Tok vrijednosti (eng. Value stream) je skup svih aktivnosti i procesa u poduzeću koji su potrebni za stvaranje vrijednosti proizvodu i usluzi i preko kojih oni prolaze na putu prema krajnjem kupcu, odnosno potrošaču. Unutar svake organizacije i poduzeća proizvodi i usluge moraju proći preko tri osnovne skupine aktivnosti i procesa:

1. aktivnosti rješavanja problema (od razvoja ideje, detaljnog dizajna do projektiranja tehnološkog procesa i puštanja u proizvodnju)
2. aktivnosti upravljanja informacijama (od primanja i obrade narudžbi do organizacije i rasporeda proizvodnje i isporuke)
3. aktivnosti transformacije (od sirovine u gotove proizvode).

Tok vrijednosti kao sljedeći korak implementacije "vitkog" menadžmenta, zahtjeva detaljno definiranje toka za svaki proizvod i uslugu (ili familiju proizvoda i usluga), prilikom čega se u većini slučajeva otkriva veliki broj gubitaka koji bi ostao skriven ukoliko se ne bi na ovakav sustavan način analizirao svaki proces u organizaciji.

Kako bi se pristupilo bilo kakvoj analizi i traženju mogućeg poboljšanja, aktivnosti i procesi koje se želi analizirati moraju posjedovati nekakvu mjerljivu karakteristiku na osnovu koje će se moći uspoređivati rezultate i donositi bilo kakve zaključke. Tako se na primjeru aktivnosti definiraju vremena koja se mjere, a s obzirom na koju se aktivnost odnose, tj. s obzirom na doprinos vrijednosti proizvodu ili usluzi, mogu se podijeliti u tri grupe aktivnosti.

Prilikom analize toka vrijednosti, aktivnosti koje se pojavljuju u toku se mogu podijeliti na:

- **VAT** (eng. Value Adding Time): **aktivnosti koje su nužne i dodaju vrijednost** (tehnološki procesi obrade i oblikovanja materijala, montaža...)
- **NVAT** (eng. Non Value Added Time): **aktivnosti koje su nužne ali ne dodaju vrijednost** (transport materijala i proizvoda, kontrole kvalitete, skladištenje materijala i proizvoda...)
- **WT** (eng. Waste Time): **aktivnosti koje nisu nužne i ne dodaju vrijednost** (čisti gubitak/rasipanje kojeg treba ukloniti jer su to aktivnosti poput čekanja, zaliha i preinaka koje troše resurse, a kupac ih nije spreman platiti).

Za potrebe analize aktivnosti i traženja mogućih poboljšanja, potrebno je definirati tok vrijednosti i sve njegove elemente izradom mape toka vrijednosti.

**Izrada mape toka vrijednosti** (eng. **VSM** -Value Stream Mapping) je još jedna metoda, odnosno alat koji se koristi u "vitkom" menadžmentu. Prilikom izradom mape toka vrijednosti (skraćeno VSM), potrebno je obuhvatiti i međusobno povezati sve elemente, aktivnosti, procese i tokove informacija koji se događaju unutar organizacije i one koji se događaju između granica organizacije i okoline, tj. dobavljača i kupaca.

Glavni cilj VSM-a je kreirati mapu budućeg poboljšanog stanja, za što je potrebno snimiti, odnosno definirati trenutno postojeće stanje i identificirati sve oblike gubitaka u organizaciji. Tako definirano trenutno stanje je potrebno analizirati i osmisliti buduće stanje i plan implementacije poboljšanja pomoću kojih će se ono ostvariti.

Prvi korak izrade mape toka vrijednosti za buduće poboljšano stanje je analiza postojećeg stanja toka vrijednosti u organizaciji, u koju moraju biti uključeni svi koji na neki način sudjeluju u aktivnostima vezanim u toku vrijednosti, od zaposlenika do menadžera.

Izrada mape toka vrijednosti započinje odabirom proizvoda/usluge ili grupe(familije) proizvoda koji će se analizirati. Grupa proizvoda predstavlja sve one proizvode koji se odaberu za analizu s obzirom na neke zajedničke karakteristike, kao npr., grupirati se mogu proizvodi koji prolaze kroz iste procese obrade.

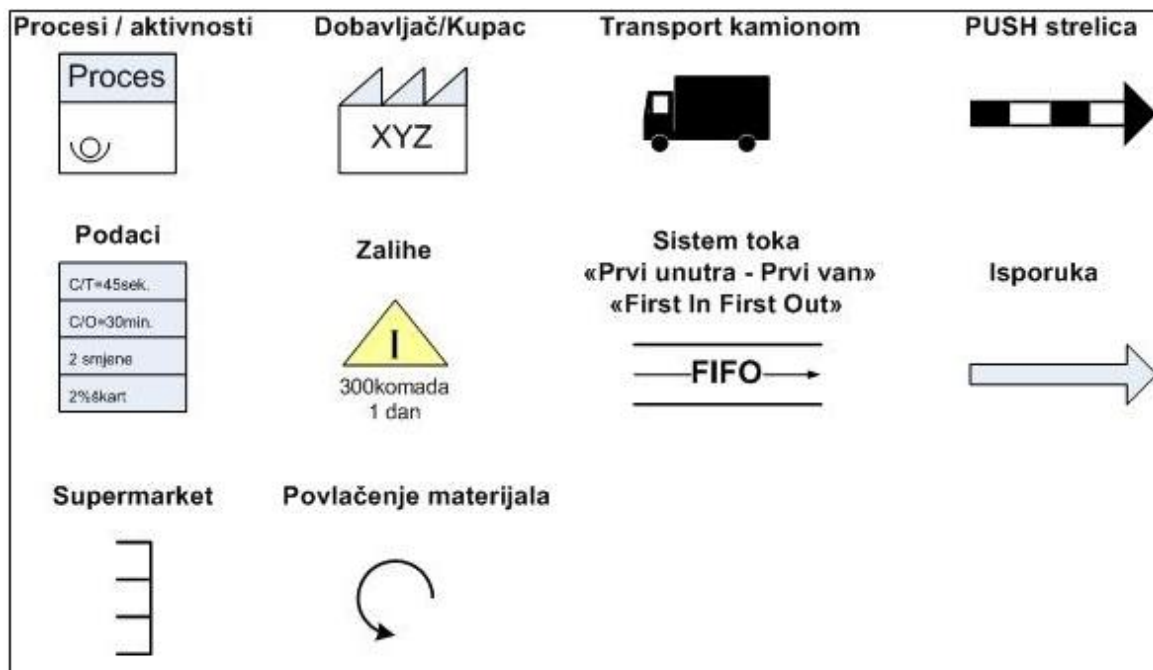
Grupa proizvoda za koju se treba kreirati mapa toka vrijednosti, najjednostavnije se može odrediti kreiranjem matrice proizvoda(redci) i procesa obrade(stupci) kao što je prikazano u sljedećoj tablici.

**Tablica 1. Primjer matrice proizvoda [18]**

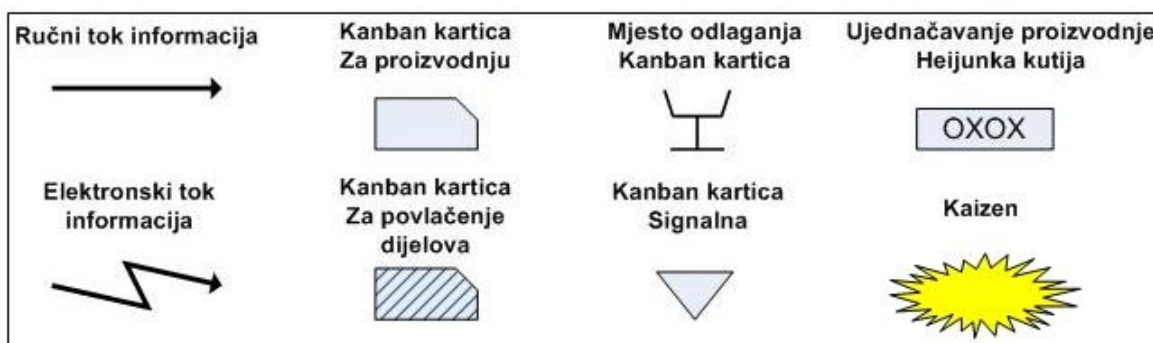
	PROCESI / AKTIVNOSTI								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
PROIZVODI	A	X	X	X		X	X		
	B	X	X	X	X	X	X		
	C	X	X	X		X	X	X	
	D		X	X	X				X
	E		X		X				X
	F	X		X	X		X	X	X
	G	X			X			X	X

Nakon što se odabere proizvod ili grupa proizvoda, kreće se u proces izrade mape toka vrijednosti za postojeće stanje. Za kreiranje mape toka vrijednosti koriste se posebni simboli koji predstavljaju određene čimbenike koji se mogu naći unutar toka vrijednosti neke organizacije. Mapa toka vrijednosti uglavnom sadrži podatke vezane za tok materijala, tok informacija i informacije vezane za transportne putove i vrijeme.

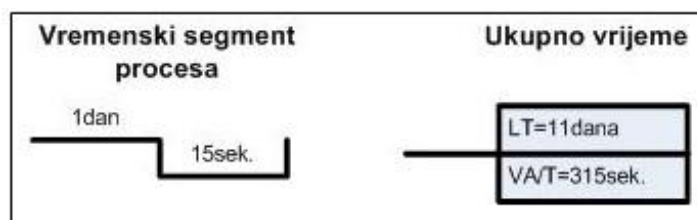
Izgled i oznake simbola koji se koriste prilikom izrade VSM-a je dan na sljedećim slikama.



Slika 15. VSM-Simboli za tok materijala [18]



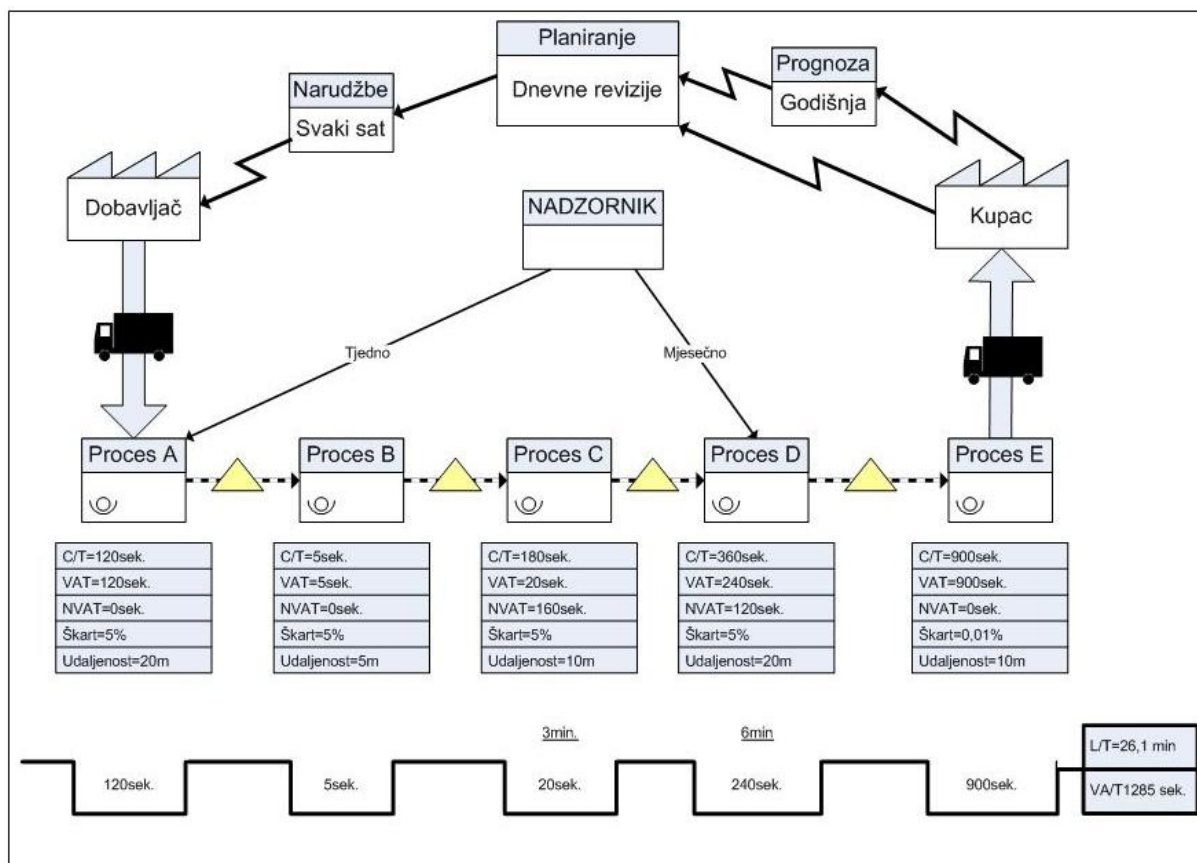
Slika 16. VSM-Simboli za tok informacija [18]



Slika 17. VSM-Simboli vezani uz vrijeme i transport [18]



Nakon što se definira koji sve čimbenici, odnosno procesi i aktivnosti ulaze u tok vrijednosti kroz koji prolazi odabrani proizvod ili grupa proizvoda, uz pomoć prethodno prikazanih simbola, kreira se mapa toka vrijednosti za postojeće stanje, te nakon definiranja mogućih poboljšanja i mapa budućeg stanja. Primjer kako može izgledati mapa toka vrijednosti je dan na sljedećoj slici.



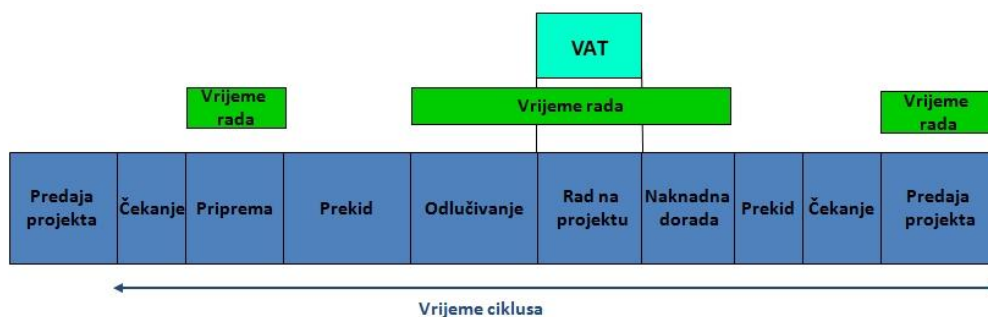
Slika 18. Primjer mape toka vrijednosti [2]

Na slici koja prikazuje primjer kako može izgledati mapa toka vrijednosti za neki odabrani proizvod, definirani su tokovi informacija koji se nalaze u gornjem dijelu mape, tokovi materijala sa svim važnim podacima za svaki proces, tj. tok preko kojih operacija i procesa prolazi proizvod na putu do kupca. Na dnu mape, ispod toka materijala, se ucrtavaju tokovi vezani uz vrijeme ili transport.

Kako bi se moglo definirati tok vrijednosti budućeg stanja potrebno je postaviti nekoliko jednostavnih ključnih pitanja za svaki proces i aktivnost koji se analiziraju:

- Da li promatrani proces/aktivnost kreira vrijednost kupcu?
- Da li je promatrani proces/aktivnost sposoban (da li kontinuirano kreira očekivani rezultat na odgovarajući način )?
- Da li je promatrani proces/aktivnost dostupan (da li može kontinuirano uz zadovoljavajuću kvalitetu ispunjavati zahtjevanu količinu)?
- Da li je promatrani proces/aktivnost fleksibilan (da li se može obaviti brza promjena varijacije i količine proizvodnje)?
- Da li je kapacitet promatranog procesa/aktivnosti dovoljan da se ne pojavi čekanje?
- Da li je kapacitet promatranog procesa/aktivnosti prevelik pa se mogu pojaviti gomilanja zaliha?

Nakon snimanja postojećeg trenutnog stanja potrebno je definirati sveukupna vremena aktivnosti i procesa koja se pojavljuju u toku vrijednosti jednog ciklusa i njihove odnose. Primjer tako definirane raspodjele procesa u jednom ciklusu razvoja proizvoda i raspodjele vremena unutar tog ciklusa je dan na sljedećim slikama.



**Slika 19. Primjer raspodjele procesa u jednom ciklusu [2]**



**Slika 20. Primjer raspodjele vremena u ciklusu [2]**

Na osnovu podataka dobivenih takvom osnovnom analizom, svi procesi/aktivnosti koji ne kreiraju nikakvu vrijednost (WT) moraju biti eliminirani ako nisu važni za normalno provođenje ostalih procesa/aktivnosti koje kreiraju vrijednost, a procesi/aktivnosti koji kreiraju vrijednost ali na neučinkovit način (VAT i NVAT) , potrebno je poboljšati. Samim uklanjanjem WT-aktivnosti i smanjenjem trajanja NVAT-aktivnosti postiže se prvo poboljšanje smanjenja trajanja ciklusa. Kreiranjem mape toka vrijednosti budućeg stanja i definiranjem daljnjih poboljšanja koja treba provesti kreira se osnova postizanju cilja željene kvalitete i efikasnosti poslovanja.

Sljedeći se temeljni principi osiguravanja protočnosti i implementacije sustava povlačenja, odnosno sljedeći koraci implementacije "vitkog" menadžmenta primjenjuju za ostvarivanje tih ciljeva. Zbog toga se, tek nakon što se definira plan implementacije temeljnih principa protočnosti i sustava povlačenja može pristupiti definiranju i kreiranju mape toka vrijednosti budućeg stanja na osnovu koje će se uvoditi poboljšanja organizacije.

#### 2.3.3.3. *Protočnost*

Nakon što je definirana vrijednost i mapa toka vrijednosti postojećeg stanja i kada su eliminirani svi procesi/aktivnosti koji predstavljaju čisti gubitak, može se pristupiti sljedećem koraku implementacije "vitkog" menadžmenta, a to je osiguravanje protočnosti (eng. "flow").

Osiguravanje protočnosti predstavlja korak u kojem se postiže da se procesi/aktivnosti koji dodaju vrijednost povežu na način da imaju kontinuirani i ujednačeni protok sa što je manje moguće prekida i zastoja, odnosno protočnost kroz cijeli tok vrijednosti kroz koji prolazi proizvod ili usluga (npr. u proizvodnji kroz tok vrijednosti se giba materijal koji se obrađuje, u razvoju proizvoda se gibaju informacije, a u zdravstvenim ustanovama pacijent).

Kada bi se npr. fokus promatranja stavio u poziciju proizvoda koji se giba kroz tok vrijednosti, cilj bi bio što prije dobiti sve vrijednosti koje daju procesi u toku vrijednosti i što prije doći do kraja tog toka. Kako bi se to postiglo mora se na neki način osigurati kontinuirani tok između tih procesa, a da se između njih ne mora previše ili uopće čekati za prijelaz na sljedeći proces.

Protočnost se postiže osiguravanjem da se procesi i aktivnosti u toku vrijednosti izvršavaju kontinuirano gdje god je to moguće, bez ometanja prolaska proizvoda ili usluga kroz njih. Za takav sustav je potrebno eliminirati funkcionalne prepreke razvojem organizacije koja je fokusirana na procese, odnosno proizvod koji preko tih procesa dobiva na vrijednosti. Potrebna su značajna smanjenja vremena ciklusa i proizvodnje, te smanjenje rada u čekanju (eng. WIP-Work in progress), zastoja, nepotrebnog transporta, što na kraju mora omogućiti postizanje jednokomadnog toka. Za ta, i ostala poboljšanja mogu se primjeniti alati "vitkog" menadžmenta i to npr. alati za potpuno proizvodno održavanje (TPM), usklađivanje rasporeda ili ujednačavanje proizvodnje (Heijunka), principi just-in-time (JIT), standardizirani procesi, proizvodne ćelije, organizacija radnog mjesta, itd..

Za postizanje protočnosti, ukratko se može reći da je bitno:

- Razumijevanje vrsta vremena u procesu
- Kontroliranje odvijanja procesa
- Eliminiranje uskih grla i zastoja i eliminiranje neplanirane dorade.

Za one dijelove toka vrijednosti gdje nije moguće, na prethodno opisane načine postići protočnost, tj. neometani kontinuirani jednokomadni tok, potrebno je primijeniti sljedeći temeljni princip, odnosno korak implementacije "vitkog" menadžmenta, a to je uvođenje sustava povlačenja.

#### 2.3.3.4. Povlačenje

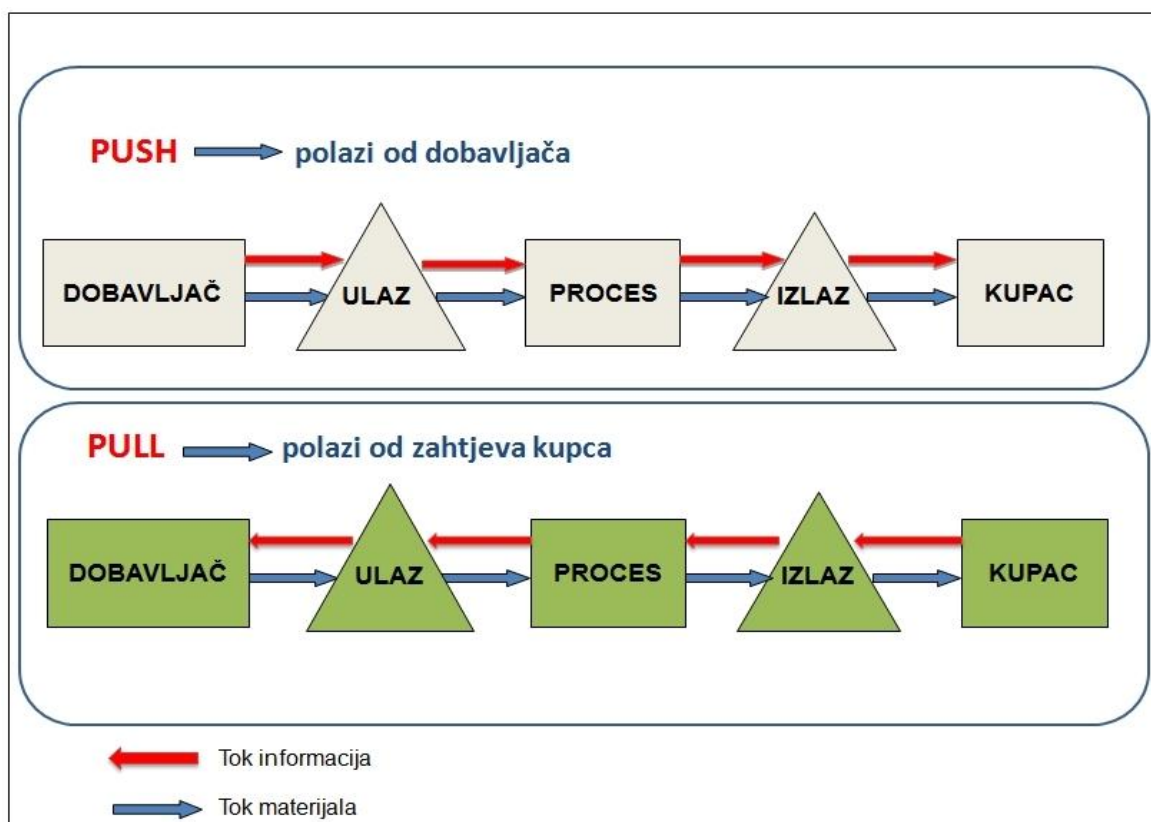
Uvođenjem sustava povlačenja organizacija postaje vođena potražnjom, tj. potražnja kupaca povlači proizvode kroz tok vrijednosti, te na taj način upravlja proizvodnim procesima i aktivnostima i tokovima materijala. Cilj uvođenja sustava povlačenja je da proizvođač postane odgovoran za dostavljanje točno one zahjevanne količine proizvoda internom ili eksternom kupcu prema JIT principu, u točno onom trenutku kada ih on treba (niti prije niti poslije). Sustavi povlačenja zahtijevaju implementaciju alata pomoću kojeg se njima upravlja, najčešće primjenom signalnih "Kanban" kartica i supermarket, odnosno spremišta iz kojih se vrši povlačenje materijala/proizvoda.

Sustav povlačenja je sustav planiranja, odnosno upravljanja proizvodnjom i potrebnim zalihama koji se bitno razlikuje od tradicionalnog sustava i po sistemu upravljanja i po rezultatima koje postiže.

Tradicionalni sustavi planiranja i upravljanja proizvodnjom se uglavnom temelje na principu stvaranja većih zaliha proizvoda koji se onda nude, odnosno guraju kupcu (eng. **Push** system). Tradicionalni način proizvodnje u cijelom proizvodnom sustavu ima proizvodne procese koji rad prema takvom "push" principu, odnosno svaki proces proizvodi određenu seriju proizvoda i dostavlja je sljedećem procesu bez obzira da li je on treba ili da li je uopće dostupan, tj. bez obzira da li je završio sa izradom predhodne serije. Zbog takvog načina proizvodnje dolazi do nepotrebne proizvodnje, odnosno stvaranja nepotrebnih zaliha između procesa koje zauzimaju prostor i akumuliraju troškove i uz to proizvodni proces nije spreman na vrijeme dostaviti kupcu gotov proizvod niti udovoljiti nekom novom zahtjevu, odnosno nije sposoban ponuditi kupcu varijantnost proizvoda. Tok informacija i tok materijala u tradicionalnom sustavu proizvodnje zajedno putuju, odnosno guraju se od dobavljača kroz proizvodne procese prema kupcu

Sustavi povlačenja (eng. **Pull** system) su sustavi planiranja i upravljanja proizvodnjom koji se temelje na JIT principu, odnosno oni pružaju kupcu točno onaj proizvod koji treba, u količini koju treba i u vremenu kada treba. Za razliku od tradicionalnog sustava, u sustavu povlačenja kupac diktira što i kada će se proizvoditi i u kojoj količini, odnosno kupac povlači proizvodnju svojim zahtjevima. Tok materijala u sustavu povlačenja se kreće od dobavljača kroz tok vrijednosti prema kupcu tek kada on to pokrene svojim povlačenjem, a tok informacija se prilikom povlačenja kreće od kupca prema dobavljaču.

Na sljedećoj slici je dan prikaz povlačenja proizvodnje, odnosno usporedba toka informacija i materijala kod "Push" i "Pull" sustava.



Slika 21. Prikaz sustava povlačenja [2]

#### 2.3.3.5. Težnja za savršenstvom

Postupak implementacije "vitkog" menadžmenta, odnosno transformacije u "vitku" organizaciju nikad u potpunosti ne završava. Kako je i prije rečeno, nije dovoljno samo upotrijebiti jedan ili više "vitkih" alata ili implementirati neke principe "vitkog" menadžmenta. Biti "vitka" organizacija znači i "vitko" razmišljati, "vitko" mora postati način života, rada i navika u organizaciji. "Vitki" menadžment je putovanje, a ne stanje u kojem se nalazi organizacija. Samim time posljednji, peti temeljni princip, odnosno korak implementacije "vitkog" menadžmenta je neprekidno poboljšavanje i pokušavanje dostizanja savršenstva.

Neprekidno poboljšavanje podrazumijeva neprekidno ocjenjivanje vrijednosti koja se isporučuje kupcu, ocjenjivanje cjelokupnog toka vrijednosti kroz koji prolaze proizvodi uz neprekidno poboljšavanje procesa i smanjivanje napora, vremena, prostora, troškova i grešaka koji se pojavljuju u tim tokovima vrijednosti.

Proces izvođenja implementacije "vitkog" menadžmenta uz težnju za savršenstvom je dan na sljedećoj slici koja prikazuje pet osnovnih principa povezanih u krug koji simbolizira neprestano ponavljanje svih.



Slika 22. Proces izvođenja implementacije "vitkog" menadžmenta [2]

### 3. OPĆENITO O POJMU "VITKOG" ODRŽAVANJA

Principi implementacije "vitkog", odnosno Lean menadžmenta je moguće primjeniti u bilo kojoj proizvodnoj ili uslužnoj organizaciji, odnosno djelatnosti. Svaka djelatnost se može promatrati kao proces koji ima pripadajuće ulaze (sirovinu, informaciju, tj. bilo koji objekt obrade) i izlaze (gotov proizvod, pruženu uslugu, tj. bilo koji objekt kojemu je određenom obradom dodana vrijednost). Svaka djelatnost se promatra kao niz ili tok aktivnosti/procesa, odnosno tok vrijednosti od kojih je sastavljena, koji dodaju ili ne dodaju vrijednost objektu koji se giba kroz takav tok. Prema načelima "Vitke", odnosno Lean filozofije, za svaki takav tok vrijednosti, cilj je eliminirati ili što više smanjiti aktivnosti koje ne dodaju vrijednost i u potpunosti eliminirati aktivnosti koje predstavljaju gubitak, odnosno rasipanje.

#### 3.1. Primjena načela "Vitkog" menadžmenta u procesu održavanja

Kako se prilikom implementacije Lean koncepta nastoje smanjiti i troškovi proizvodnje odnosno pružanja usluga, potrebno je razmotriti gdje se sve stvaraju troškovi. Takvim pristupom analizi troškova određuju se ključni čimbenici, odnosno procesi koji ih stvaraju, a za koje se uvođenjem određenih poboljšanja može smanjiti generiranje nepotrebnih troškova koji nastaju zbog loše organizacije izvođenja tih procesa. Kao jedan od važnijih čimbenika generiranja troškova je i pojava neispravnih proizvoda ili usluga koji nastaju zbog neispravnosti opreme. Zbog toga je potrebno povećati ispravnost, odnosno pouzdanost opreme koja se koristi prilikom proizvodnje ili pružanja usluge, izvođenjem radova održavanja kojima se osigurava mogućnost proizvodnje i pružanja kvalitetnih proizvoda i usluga. Sami proces održavanja se može promatrati kao djelatnost koju je moguće analizirati kroz niz aktivnosti/procesa od kojih se sastoji i poboljšati ju primjenom načela "Vitkog", tj. "Lean" menadžmenta. Dodatna smanjenja troškova koji nastaju prilikom proizvodnje ili pružanja usluga, su moguća ako se u procesima održavanja ne obavljaju nepotrebna održavanja, već se obavljaju neophodna održavanja kojima se rješavaju problemi smanjene pouzdanosti opreme, kvarovi opreme ili zastoji u proizvodnji ili pružanju usluga. Takav pristup analizi i poboljšanju procesa održavanja predstavlja jedan od temelja Lean koncepta, jer bez pouzdane opreme nije moguće pravovremeno, bez dodatnih troškova, proizvoditi kvalitetne proizvode i pružati kvalitetne usluge krajnjem kupcu/korisniku.



Uvođenjem načela "Vitkog" menadžmenta u proces održavanja ono poprima odlike "Vitkog" održavanja, koje su slične krakterističnim odlikama svake djelatnosti koja je preoblikovana, odnosno poboljšana prema tim načelima. Stoga se za "Vitko" održavanje može reći da ono predstavlja sustavan i logički način prepoznavanja i otklanjanja gubitaka koristeći pri tome kontinuirana provjeravanja i poboljšavanja za postizanje većeg stupnja učinkovitosti procesa održavanja kako bi se pravovremeno odgovorilo na zahtjeve kupaca. [19]

Prilikom transformacije klasičnog pristupa procesu održavanja u "Vitki" pristup održavanju, odnosno transformaciji u "Vitko" održavanje, organizacije koje se bave održavanjem najčešće se služe sljedećim "Lean"/"Vitkim" alatima [19] :

- mapiranje toka vrijednosti- za grafički prikaz toka održavanja
- planiranje i raspoređivanje poslova
- promjene alata -za brži pristup i jednostavnu zamjenu ili popravak
- vizualno radno mjesto-pregledno radno mjesto u kojemu je lako nešto uočiti i pronaći
- provjere grešaka-kako bi se osiguralo da ljudi i strojevi ne uzrokuju zastoje opreme i procesa
- 5S-za poboljšanje organizacijskih uvjeta kako bi se do alata, informacija i materijala došlo u što manjem broju koraka (manje od "3 koraka").

Gubitci u procesu održavanja se uklanjaju obavljanjem sljedećih aktivnosti [19] :

- izradom dijagrama toka procesa (mapiranjem procesa)
- analizom uzroka kvarova
- praćenjem stanja
- planiranjem i određivanjem rokova i
- optimiranjem upravljanja procesom održavanja

### **3.2. Općenito o transformaciji procesa održavanja u "Vitko" održavanje [20]**

Transformacija procesa održavanja u "Vitko" održavanje se izvodi kroz šest faza, no prije toga je potrebno provesti određene radnje koje predhode samoj transformaciji.

Najprije je potrebno odrediti osobu, tj. glavnog menadžera koji će voditi cijeli projekt uvođenja "Vitkog" održavanja. Nekoliko je ključnih osobina koje mora ta osoba posjedovati, tj. odabrani glavni menadžer mora biti ovlašten od strane top menadžmenta, kako bi mogao učinkovito i u potpunosti obavljati dužnosti voditelja "Vitkog" održavanja.

Ovlašteni glavni menadžer za "Vitko" održavanje mora posjedovati određena znanja iz područja održavanja, područja "Vitkog"/"Lean" menadžmenta (procesi implementacije, alati, 7 glavnih gubitaka...), te biti sposoban podučavati i motivirati ostale koji su uključeni u rad "Vitkog" održavanja.

Prvi zadatak glavnog menadžera je razvijanje i postavljanje plana i programa implementacije "Vitkih" načela u proces održavanja, ali i da odabere projektni tim koji će zajedno s njim raditi na transformaciji. Glavni menadžer predstavlja plan i program svom projektnom timu, educira ih o "Vitkim"/"Lean" alatima, o ciljevima koji se moraju postići i slično. Osobe koje se odabiru u projektni tim moraju posjedovati određena znanja o "Vitkim"/"Lean" načelima.

Nakon definiranja ciljeva i projektnog tima prelazi se na proces transformacije uz poštivanje pet temeljnih načela "Vitke"/"Lean" filozofije, koji su u predhodnom dijelu teksta opisani.

Ciljeve procesa transformacije održavanja u "Vitko"/"Lean" održavanje nije moguće postići odmah i ne smije se odustajati nakon početnih neuspjeha, već treba kontinuirano ustrajati na usavršavanju i poboljšavanju i raditi to fazu po fazu. Faze transformacije procesa održavanja u "Vitko"/"Lean" održavanje kroz koje je potrebno proći kako bi se uspješno provela transformacija, opisane su u nastavku teksta.

### **3.3. Faze transformacije procesa održavanja u "Vitko" održavanje [20]**

Transformacija procesa održavanja u "Vitko"/"Lean" održavanje se izvodi kroz sljedećih šest faza:

1. Faza: Procjena sposobnosti projektnog tima i menadžera za uvođenje Leana
2. Faza: Priprema i edukacija
3. Faza: Početna(Pilot) faza
4. Faza: Prijenos Leana na cijeli odjel održavanja
5. Faza: Širenje Leana izvan odjela održavanja
6. Faza: Očuvanje postignutog stanja

#### ***3.3.1. 1. Faza procjene sposobnosti projektnog tima i menadžera za uvođenje Leana***

Prva faza transformacije, koja obično traje od 2 do 4 mjeseca, ima svrhu da se vidi da li je odabrani projektni (glavni) menadžer zajedno sa odabranim projektnim timom u mogućnosti provesti transformaciju. Ova je faza ključna faza jer se u njoj odlučuje da li će se proces transformacije u potpunosti napraviti i da li će se dobiti odobrenje top menadžmenta ili ne.

Ova faza predstavlja pokusno uvođenje Leana, odnosno Kaizen radionicu u kojoj se predlažu i razmatraju razne ideje vezane uz uvođenje Leana na primjeru uvođenja u jednom segmentu odjela održavanja. Ova, prva faza se izvodi kroz nekoliko točaka u kojima je potrebno:

1. Ocijeniti učinkovitost odjela održavanja (snimiti trenutno/sadašnje stanje, prije transformacije). Ocjena učinkovitosti se sastoji od ocjenjivanja i procjene pouzdanosti opreme, strukture organizacije održavanja, radnih naloga i dokumentacija, skladištenja dijelova(alata, materijala), načina planiranja i dodjeljivanja zadataka, da li se koristi održavanje potmomognuto računalom (eng. "Computerized Maintenance Management System-CMMS") i kakvo se održavanje koristi (preventivno, korektivno, plansko). Nakon donesene ocjene, potrebno je sve uočeno zapisati u obliku kratkog izvještaja s popisom svih područja ili procesa održavanja za koja se predlažu poboljšanja.

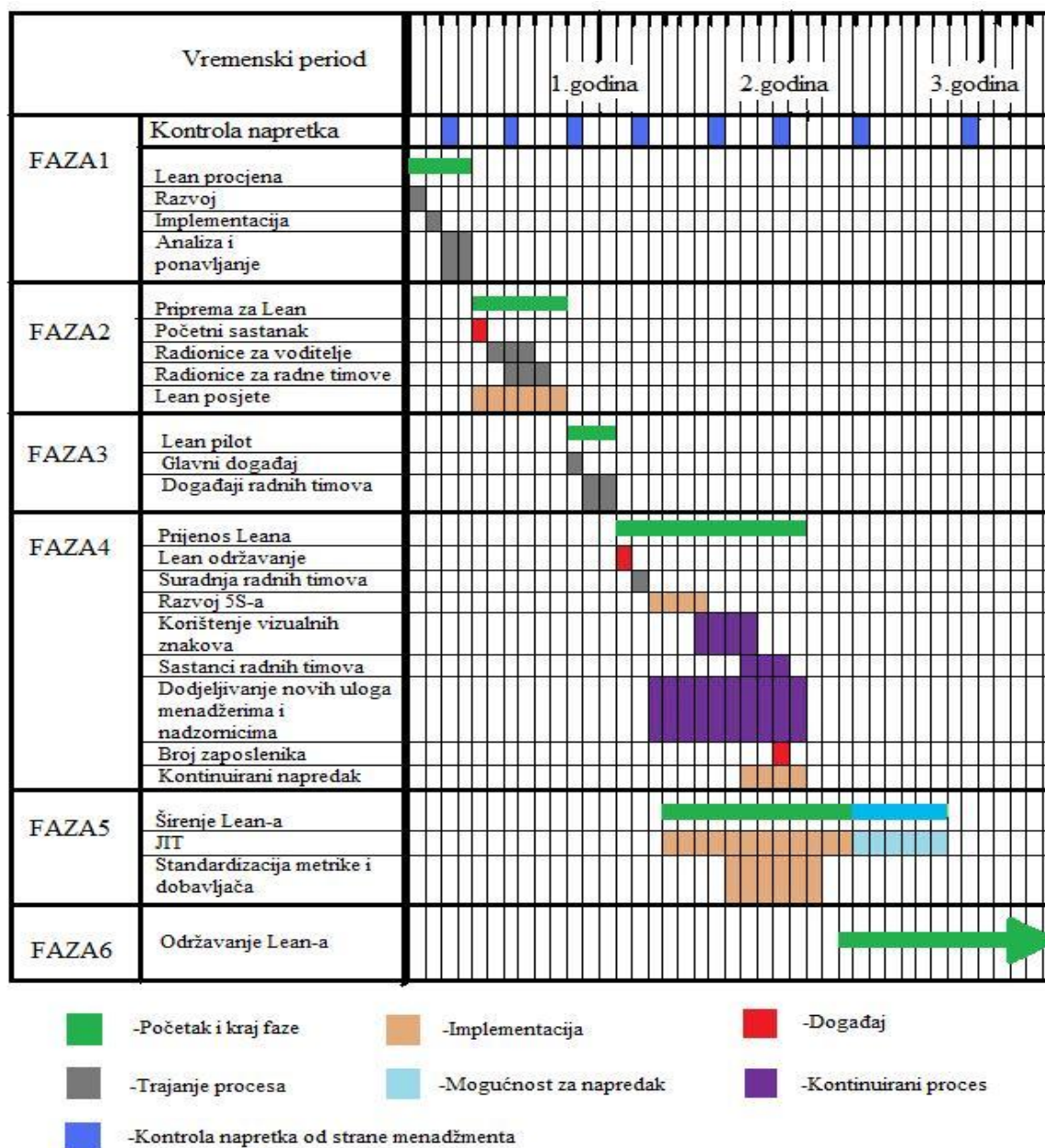
2. Izvršiti poboljšanja za svaku stavku navedenu u predhodno izrađenom izvještaju. Nakon izvođenja poboljšanja, potrebno je mjeriti dobivene rezultate i sve ponavljati dok se ne postignu željene vrijednosti, odnosno ciljevi poboljšanja.
3. Izvršiti kritičnu analizu učinkovitosti održavanja u kojoj projektni menadžer sa projektnim timom mora pripremiti "početni sastanak" (eng. "kick-off meeting") sa glavnim zadatkom, a to je edukacija svih ostalih koji sudjeluju u procesu održavanja.

Kako bi se pripremio početni sastanak, projektni menadžer sa timom mora na međusobnim sastancima razmotriti i napraviti dnevni red početnog sastanka, što se očekuje od Lean transformacije, dodijeliti zadatke radnim timovima, opisati zadatke i odgovornosti koje ima svaki tim, prikazati cjelokupni proces, popisati sve sudionike procesa (menadžera, nadzornika, članove svakog radnog tima) i napraviti kontrolni popis onoga što se želi postići, tj. osnovne okvire Lean održavanja.

Zatim je potrebno napraviti detaljni plan (Plan akcija i promjena) u kojem se nalazi detaljan raspored procesa/akcija i promjena koje se žele postići, te mora sadržavati vremenske okvire u kojima se žele postići određeni rezultati (početak i završetak procesa) i sve što se želi postići poput primjena određenih alata (npr. 5S), popise dobavljača i ostale stavke bitne za uspješno provođenje procesa transformacije.

Prilikom izrade "Plana akcija i promjena" prikupljeni su svi podaci, odnosno elementi koji predstavljaju preduvjet za kreiranje glavnog plana. Ti elementi su misija i vizija Lean održavanja, ciljevi Lean održavanja, rezultati dobiveni nakon što se provede Faza1, dnevni red početnog sastanka i kontrolni list, i izrađeni plan akcija i promjena. Svi se ti elementi prikupe i od njih se formira jedan dokument pod nazivom "Glavni plan za transformaciju održavanja u Lean održavanje". Taj se dokument odnosi Upravi poduzeća na kontrolu i odobrenje za nastavak rada.

Na sljedećoj slici je dan prikaz kako može izgledati "Plan akcija i promjena" pomoću kojega se obavlja kontrola transformacije u Lean održavanje.



Slika 23. Plan akcija i promjena [20]

### **3.3.2. 2. Faza pripreme i edukacije**

Druga faza transformacije, koja traje od 2 do 6 mjeseci, predstavlja fazu edukacije tokom koje se odvijaju dvije radionice, za menadžment i druga za sve ostale sudionike procesa transformacije (inženjere i radnike održavanja, administraciju održavanja, skladište,...).

Kako bi se uspješno izvodila edukacija tokom radionica, one se moraju odvijati za maksimalno 25 osoba odjednom. Radni timovi moraju zajedno prisustvovati radionicama kako bi i zajedno mogli izvršavati određene vježbe, te se pripremati za transformaciju. Temeljni zadatak ove faze je predstavljanje praktičnih primjera i vježbi o primjenama predhodno navedenih i opisanih alata Lean održavanja( mapiranje toka vrijednosti, 5S,...). Faza2 se sastoji od orijentacijskog sastanka za sve zaposlenike, Lean radionica za voditelje i Lean radionica za timove koji će voditi Lean održavanje.

### **3.3.3. 3. Faza testiranja – početna faza**

Treća faza je pilot faza, odnosno početna koja traje od 1 do 3 mjeseca, a u kojoj se testira Lean implementacija, tj. transformacija. Nakon upoznavanja i edukacije voditelja, početni zadatak Lean timova i prvi Lean događaj je prvi test Lean transformacije.

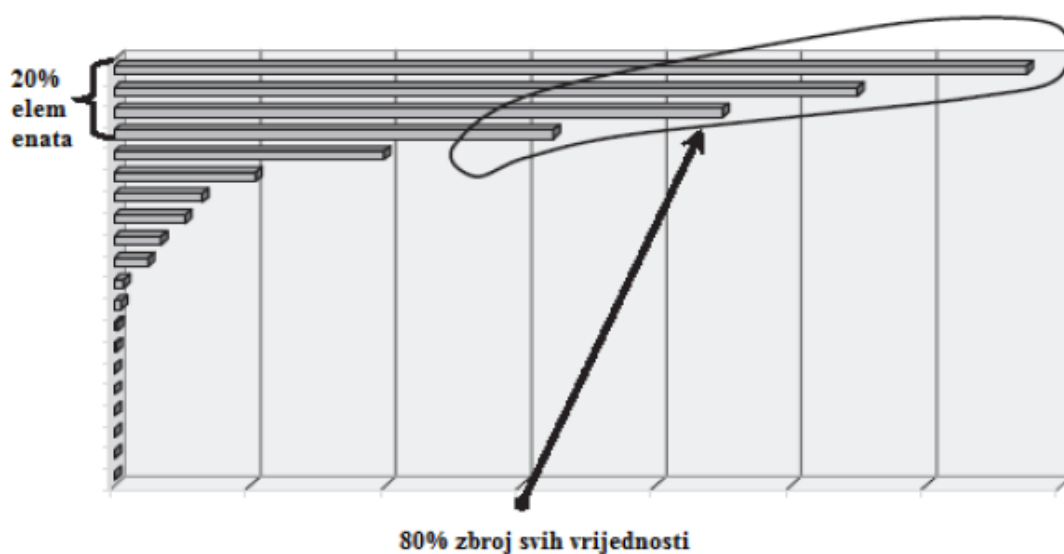
Početni Lean događaj koji je temelj transformacije održavanja u Lean održavanje traje od 5 do 10 dana, a zadatak mu je kod zaposlenika potaknuti zanimanje za Lean održavanje. Sve što se obavi tokom izvođenja prvog Lean događaja mora biti razumljivo i dostupno svima kako bi stečena znanja ostali timovi mogli primijeniti tokom izvođenja svojih zadataka. Najvažnije je dobro pripremiti timove kako bi bili sposobni planirati, izvršavati i poboljšavati svoje procese aktivnostima koje donose vrijednost, a uklanjajući pri tome sve aktivnosti koje predstavljaju gubitke. Faza3 se sastoji od početnog događaja(timovi izvode zadatke), usavršavanja prilikom obavljanja početnog događaja, pregleda učinjenog, kako bi se sve učinjeno i naučeno prezentiralo ostatku zaposlenika i pridobilo ih na prihvatanje Lean održavanja i na suradnju.

U ovoj početnoj fazi, veoma je važno odabrati dobar početni događaj koji će svojim rezultatima ostaviti najbolji utjecaj na ostatak poduzeća. Za odabir prvog događaja može poslužiti "Paretov princip" ili "Pravilo 80:20".

Primjenom tog pravila može se na primjer odabrati 20% one opreme koja kreira 80% ukupnih troškova. Primjena Paretovog principa se može provesti kroz nekoliko koraka, i to, da se :

- odaberu čimbenici (problemi, pitanja, aktivnosti) koji moraju biti u odnosu
- odebere standard za mjerenje
- prikupe podaci
- poslože čimbenici na vertikalnoj osi u silaznom redosljedu prema odabranim mjerenjima
- nacрта grafički prikaz u kojemu se odabere početni događaj

Na sljedećoj slici je dan prikaz kako se može grafički prikazati Paretov princip odabira početnog događaja.



**Slika 24. Paretov princip [20]**

Mogući primjeri primjene Paretovog principa za:

- troškove: za smanjenje troškova, treba odrediti 20% opreme koja koristi 80% resursa
- produktivnost: odrediti 80% vremena koje se troši na 20% nepotrebnih aktivnosti
- profit: 20% klijenata stvara 80% profita

Mogući primjeri interpretacije dobivenih rezultata pomoću Paretovog principa:

- 80% od onoga što se proizvede nastaje tijekom 20% radnog vremena
- 80% koristi dolazi iz 20% početnih napora
- 80% inovacija dolazi iz 20% zaposlenika.

Nakon odabira početnog događaja, a prije njegovog izvođenja, potrebno je da radni tim izvede još jednu analizu postavljajući si sljedeća pitanja:

- Da li postoje određena znanja potrebna za provedbu procesa?
- Da li se procesom mogu postići značajni rezultati?
- Može li se napraviti PDCA ciklus u tjedan dana i manje?

Nakon što se utvrdi da se posjeduje sve što je potrebno i prođu sve faze PDCA ciklusa (Plan-Do-Check-Act), tj. ciklusa koji se sastoji od aktivnosti planiranja, izvođenja, provjere i reagiranja/popravljanja, potrebno je sve napravljeno pokazati projektnom timu i menadžeru, te s njima raspraviti o učinjenom. Tako izvedeni prvi Lean događaj mora poslužiti kao primjer i podloga svima za daljnji rad s njihovim događajima.

#### **3.3.4. 4. Faza prijenosa Leana na cijeli odjel održavanja**

Trajanje četvrte faze je od 6 mjeseci do godine dana, a u njoj do izražaja dolaze karakteristike, sposobnosti i znanja projektnog menadžera i projektnog tima jer u ovoj fazi oni moraju odgovoriti na izazov transformacije cijelog održavanja u Lean održavanje. Cijeli odjel održavanja se transformira u Lean radne timove koji rade na vlastitim Lean događajima. Prilikom takvog prijenosa Leana na cijeli odjel održavanja, potrebno je ostvariti konstantnu međusobnu komunikaciju projektnog menadžera, projektnog tima i ostalih timova.

U četvrtoj fazi se uspostavlja primjena 5S alata i vizualnih znakova po čitavom odjelu, pokreće se autonomni sustav za održavanje, voditelji radnih timova međusobno razmjenjuju znanja, a Lean koncept se uvodi u cijeli odjel održavanja. Prijenos Leana na cijeli odjel održavanja donosi promjene vezane uz definiranje novih uloga upravljanja i nadzora i nove organizacije odjela održavanja.



Formiranje timova se u predhodnim fazama odvijalo prema njihovom znanju o Leanu i vještinama i zainteresiranosti za njegovim uvođenjem u odjel održavanja, dok se u ovoj fazi timovi formiraju na temelju njihovog radnog područja, odnosno posla kojim se inače bave, njihovom znanju vezanom uz rukovanje određenom opremom i zadacima koje obavljaju. Timovi koji su formirani u predhodnim fazama se raspuštaju, a članovi tih timova se preraspoređuju u nove timove po novim kriterijima, te ti novi timovi imaju zadatak provođenja transformacije odjela održavanja u Lean odjel održavanja, svaki za svoje radno područje.

Definiranje timova se izvodi prema sljedeće četiri točke:

1. Priprema: potrebno je uspostaviti područje rada i radne ciljeve, definirati članove na temelju odjela i razine sposobnosti, te definirati razinu autonomije timova.
2. Definicija: potrebno je definirati zadatke timova i odabrati članove timova.
3. Formiranje: potrebno je napraviti i objaviti zadatke timova, a unutar tima definirati granice, poboljšati definicije zadatka, definirati vodstvo i članove tima.
4. Podrška: potrebno je razviti mogućnosti za poboljšanje aktivnosti i uspostaviti postupke za stalnu podršku.

Prije same transformacije odnosno prijenosa Leana-a na cijeli odjel održavanja, potrebno je da radni timovi steknu rutinu u kontinuiranom poboljšavanju svog radnog okruženja, kojemu se kada postane učinkovito lakše uočiti gubitci u procesu. Optimizacija, odnosno poboljšanje radnog okruženja započinje implementacijom 5S alata te postavljanjem vizualnih znakova unutar procesa, pri čemu može pomoći projektni menadžer kreiranjem plakata Lean alata za svaki tim, tj. svako radno područje unutar odjela. Ti plakati služe kao stalni podsjetnik na temeljni koncept Leana, tj. podsjećaju na uklanjanje svih onih aktivnosti i radnji koje ne pridonose vrijednosti procesa.

Na kraju prijenosa, odnosno transformacije odjela održavanja u "Vitki"/"Lean" odjel održavanja, tj. nakon formiranja novih timova, primjene 5S alata i vizualnih znakova, pokretanja autonomnog održavanja, potrebno je završiti fazu prijenosa. U tom trenutku kada završi faza prijenosa, radni timovi su sposobni samostalno identificirati i eliminirati aktivnosti procesa koje ne donose vrijednost, pri čemu mogu koristiti bilo koji Lean alat koji im to omogućuje.

Glavnu ulogu od kraja ove faze, pa na dalje, ima projektni menadžer, jer je pred njim zahtjevan zadatak održavanja motiviranosti na kontinuiranu primjenu Lean načela kako ne bi nakon što se postignu određeni rezultati poboljšanja, zaposlenici odustali od daljnjih poboljšanja jer zadovoljni trenutnim stanjem. Potrebno ih je uvijek poticati na održavanje postignutog poboljšanog stanja uz kontinuirano traženje mogućih novih poboljšanja.

Jedno od karakterističnih obilježja "Vitke"/"Lean" organizacije u usporedbi sa klasičnim, odnosno tradicionalnim, je to da se kod Lean-a smanji razlika u organizacijskoj strukturi, što ustvari znači da nema sputavajućih granica između menadžmenta i zaposlenika, već oni djeluju zajedno kao tim s ciljem postizanja zajedničkih ciljeva poboljšavanja procesa. Najvažniji segmenti poduzeća postaju timovi zaposlenika koje je potrebno nagrađivati za zalaganje i trud na poslu jer ih to potiče i motivira na kontinuirano usavršavanje. Pri tome uvijek treba paziti da cijeli tim nagradi, a ne pojedinci, kako ne bi došlo do nesuglasica i kako bi se održala povezanost timova.

Neki od ključnih faktora prilikom nagrađivanja koji potiču na rad su:

- Uprava uvijek treba dati prednost timskom radu i timskom nagrađivanju,
- menadžment mora uvijek biti na raspolaganju zaposlenicima za razgovor i konzultacije,
- zaposlenici su najvrijednija imovina poduzeća i
- potrebna je kontinuirana obuka zaposlenika i razvijanje novih znanja i vještina.

### **3.3.5. 5. Faza širenja Leana izvan odjela održavanja**

Peta faza u tajanju od 4 mjeseca do godine dana, proširuje Lean održavanje izvan granica odjela održavanja na dobavljače i specijalizirane radove koji su povezani s održavanjem.

Tokom provođenja ove faze, stvaraju se tokovi vrijednosti za službe povezane sa održavanjem, poput službe nabave, odnosno skladištenja, odjela informacijskih tehnologija i drugih.

Ciljevi ove faze su smanjivanje zaliha u održavanju i povezanih troškova, uz nastojanje poboljšanja pouzdanosti opreme kako bi procesi i dalje radili sa što većom učinkovitošću.

Primjenom Leana u skladištenju nastoje se smanjiti zalihe, odnosno izbjeći tradicionalnu praksu čuvanja što je moguće više alata i dijelova za svaki slučaj ako zatreba, što je znalo nekad dovesti do toga da se godinama taj alat držao u skladištu bez korištenja što je dovodilo do povećanja troškova skladištenja. Više od pola zaliha je moguće eliminirati korištenjem raspoređivanja i planiranja pomoću CMMS sustava, temeljem naručivanja po potrebi (Just In Time- JIT pristup), kada dođe do kvara i kada su potrebni određeni popravci. Određeni broj često korištenih dijelova je potrebno i dalje držati u skladištu, dok se ostali mogu naručivati prema planu kreiranom pomoću podataka dobivenih iz CMMS sustava. Na taj način se mogu s dobavljačima dogovoriti minimalna vremena dostave, čime se omogućuje smanjenje nabave opreme sa količine potrebne za nekoliko mjeseci, na količinu dostatnu za, na primjer tjedan dana.

Potrebno je standardizirati opremu koja se nalazi na skladištu definiranjem najpovoljnijeg dobavljača od kojeg će se uvijek naručivati i osigurati njenu stalnu dostupnost. U Lean održavanju je potrebno što je više moguće eliminirati korektivno održavanje, a idealno bi bilo da ga uopće nema. Potrebno je umjesto njega uvesti prediktivno održavanje kao i sustav praćenja i ispitivanja načina održavanja i opreme, a i u što većoj mjeri uvesti autonomno održavanje.

Stoga, na kraju Faze 5 se mora još napraviti popis potrebnih stavki koje se trebaju nabaviti prema podacima iz CMMS sustava (one koje se ne koriste ukloniti, a sa dobavljačima napraviti ugovor o JIT dostavi), standardizirati materijale, potrošni inventar i dobavljače i to prema djelovima kako se ne bi naručivalo isti dio od više dobavljača, mora se uvesti preventivno održavanje i sustav praćenja i ispitivanja kako bi se olakšalo određivanje potrebnih stavki na skladištu, a time smanjili troškovi.

### **3.3.6. 6. Faza očuvanja postignutog stanja**

Šesta faza koja slijedi nakon završetka transformacije u Lean održavanje traje kroz cijeli životni vijek poduzeća. Odjel održavanja i službe koje su s njim povezane postaju odgovorne za Lean održavanje. "Vitko"/"Lean" razmišljanje je usvojeno unutar cijelog odjela, svi zaposlenici su uključeni u kontinuirano poboljšavanje procesa.

Projektni menadžeri u ovoj fazi završavaju sa svojim zadacima, te imenuju vođu za "Vitki"/"Lean" odjel održavanja i povezane službe i odjele. Iako projektni menadžer može preuzeti tu funkciju vođe Lean odjela održavanja, njegovo znanje, sposobnosti i vještine mogu poslužiti prilikom implementacije Lean-a u druge odjele poduzeća, jer je cilj uvođenja Lean-a u poduzeće, da se on uvede u kompletno poduzeće, u svaki odjel, te stoga tu ulogu vođe Lean odjela održavanja mogu preuzeti članovi predhodno formiranog Lean tima.

Na kraju je potrebno spomenuti kako je temelj "Vitkog", odnosno "Lean" održavanja primjena Lean alata "Cjelovito učinkovito održavanje" (eng. "Total Productive Maintenance-TPM") koje je navedeno i ukratko objašnjeno u predhodnom dijelu rada prilikom navođenja Lean alata. Primjena TPM alata je preduvjet da bi se započela transformacija procesa održavanja u "Vitko"/"Lean" održavanje.

## 4. IZRADA SIMULACIJSKOG MODELA

Prilikom poboljšavanja procesa, menadžment analizira trenutno stanje i donosi odluke o promjenama koje se moraju uvesti. Za to se koristi mapama toka vrijednosti (eng.VSM) koje se kreiraju za trenutno stanje koje se analizira i buduće koje se treba postići nakon što se izvrše određene promjene, odnosno poboljšanja.

U današnje vrijeme brzog razvijanja informacijskih tehnologija i pojava raznih programskih rješenja i alata, potrebno je prepoznati one koji bi se mogli na neki način primjeniti u područjima kojima se menadžment bavi, a da se njihovom primjenom olakšaju i ubrzaju procesi odlučivanja. Primjer takvih programskih rješenja su alati za simuliranje procesa koji mogu dosta pomoći menadžmentu prilikom odlučivanja na način da se kreiraju simulacijski modeli koji predstavljaju virtualno, odnosno digitalno poduzeće (eng.virtual factory) , a koji se mogu kreirati na osnovu predhodno kreiranih analiza i mapa toka vrijednosti trenutnog stanja.

Tako dobiveni simulacijski modeli se mogu koristiti za proučavanje utjecaja promjena koje se žele uvesti, na konačan željeni ishod (eng. output) procesa koji se poboljšava, a takav pristup omogućuje pravovremeno uočavanje neželjenih rezultata koji bi se mogli dogoditi u slučaju bilo kakvog previda prilikom planiranja poboljšanja.

### 4.1. Općenito o simulacijskoj tehnologiji [21]

Osnovna namjena simulacijske tehnologije, primjenjiva za menadžment, je kreiranje virtualne stvarnosti koja se može primjeniti kao alat prilikom planiranja, implementiranja i upravljanja kompleksnim tehničkim sustavima i njihovim poboljšavanjima.

Osnovne definicije u simulacijskoj tehnologiji, prema [VDI3633]:

- Simulacija (eng.simulation): je reproduciranje i prikaz stvarnog sustava sa njegovim dinamičkim procesima u modelu. Cilj je prikupljanje podataka koji se mogu iskoristiti u stvarnosti. U širem smislu, simulacija predstavlja izradu, izvođenje i analizu eksperimentalnih pokusa sa simulacijskim modelom.
- Sistem (eng.system): je zaseban skup komponenti koje su međusobno povezane.

- Model: je pojednostavljena kopija planiranog ili stvarnog sustava sa pripadajućim procesima. Razlika važnih karakteristika kopije, tj. modela u odnosu na original je u određenoj toleranciji.
- Simulacijsko izvođenje (eng.simulation run): je slika, tj. prikaz ponašanja sistema u simulacijskom modelu unutar određenog vremenskog perioda.
- Eksperiment (eng.experiment): je ciljana empirijska studija ponašanja modela tokom ponavljanja simulacijskog izvođenja uz primjenu varijacija određenih karakteristika i varijabli procesa u modelu.

#### ***4.1.1. Osnovni koraci kreiranja simulacijog modela***

Prema smjernicama [VDI3633], prilikom kreiranja simulacijskog modela prolazi se kroz sljedeće osnovne korake:

1. određivanje problema
2. ocjena isplativosti korištenja simulacije
3. određivanje ciljeva
4. prikupljanje i analiza podataka
5. izrada modela
6. izvođenje simulacije
7. analiza i interpretacija rezultata
8. dokumentiranje rezultata

1. Određivanje problema: je korak u kojemu ekspert za izradu simulacijskih modela zajedno sa klijentom koji će koristiti simulacijski model dogovara zahtjeve za izradu simulacijskog modela. Rezultat dogovora je pisani dogovor sa tehničkim specifikacijama problema koji će se proučavati izvođenjem simulacije.

2. Ocjena isplativosti korištenja simulacije: je korak prilikom kojeg se prije izrade simulacijskog modela, ocjenjuje da li je potrebno koristiti simulaciju jer npr. nije moguće koristiti niti jedan matematički, odnosno analitički model ili postoji visoka kompleksnost sa višestrukim faktorima za proučavanje i slično. Ocjenjuje se i da li postoji mogućnost ponovnog korištenja simulacijskog modela i u budućim analizama.

3. Određivanje ciljeva: je korak u kojemu se definiraju konačni rezultati koji se žele postići izvođenjem simulacije, a koji se žele postići i u stvarnom sustavu za koji je simulacija napravljena. Najčešće se kao ciljevi postavlja mogućnost simulacijskog modela da postigne smanjenje procesnog vremena ili povećanje iskoristivosti ili smanjenje zaliha ili povećanje pravovremenih isporuka. Svi se tako definirani ciljevi na kraju simulacijskog izvođenja mogu prikupiti i analizirati.

4. Prikupljanje i analiza podataka: je korak u kojemu se prikupljaju svi podaci o sustavu za kojeg se izrađuje simulacijski model. To su podaci o organizacijskoj strukturi, razni tehnički podaci i podaci vezani za procese sustava, podaci o tokovima materijala i informacija, podaci o kvarovima i zastojeima, itd..

5. Izrada modela: je korak u kojem je potrebno na osnovi prethodno prikupljenih podataka izraditi simulacijski model koji će što vjernije prikazati rad stvarnog sistema. Ovaj korak uključuje izradu i testiranje simulacijskog modela, a uglavnom se sastoji od dvije faze.

- Prva faza izrade modela predstavlja osmišljavanje osnovnih elemenata od kojih će se sastojati cijeli sustav. U ovoj se fazi kreiraju modeli pojedinih djelova sustava u najjednostavnijoj formi, te se testira ispravno funkcioniranje svakog. Prilikom izrade simulacijskog modela potrebno je odlučiti što će se pojednostaviti, tj. koji će se detalji o sustavu i njegovim procesima koristiti, a koji izostaviti, na način da se postignu definirani ciljevi.
- Druga faza predstavlja povezivanje osnovnih modela u cjeloviti simulacijski model i testiranje rada tako kreiranog simulacijskog modela. Potrebno je dokumentirati rezultate testiranja kako bi se omogućile buduće preinake i poboljšanja simulacijskog modela, a kako bi se to dodatno olakšalo potrebno je prilikom programiranja koristiti opise i komentare pojedinih važnih dijelova programskog koda koji se koristi u simulacijskom modelu.

6. Izvođenje simulacije: je korak u kojem se na temelju plana testiranja izvode simulacije sa različitim ulaznim vrijednostima za svako izvođenje. U planu testiranja se definiraju određeni parametri modela i očekivani rezultati. Ulazni i izlazni parametri, odnosno rezultati, se dokumentiraju za svako izvođenje simulacije.

7. Analiza i interpretacija rezultata: je korak u kojem se na temelju dobivenih podataka iz izvođenja simulacija donose odluke. U slučajevima kada izlazni rezultati dosta odstupaju od očekivanih, potrebno je u modelu pronaći koji djelovi modela na to utječu i donesti odluke o daljnjim promjenama.

8. Dokumentiranje rezultata: je korak u kojemu se kreiraju određena izvješća sa svim važnim podacima dobivenim izvođenjem simulacijskih eksperimenata. Sadržaj rezultata simulacijskih izvođenja treba izraditi prema specifikacijama i zahtjevima koji su dogovoreni sa klijentom za kojeg je izrađen simulacijski model. Poželjno je u dokumentaciju uvrstiti i prijedloge poboljšanja te opis strukture i funkcionalnosti izrađenog simulacijskog modela.

#### **4.2. Općenito o primjenjenom računalnom programu za izradu simulacijskog modela**

U ovom radu je za potrebe izrade simulacijskog modela korišten računalni program "Technomatix-Plant Simulation" (skraćeno "Plant Simulation").

To je računalni program kojeg je izradila tvrtka "Siemens PLM Software", a može se koristiti za modeliranje, simuliranje, analizu, vizualizaciju i optimizaciju, kako proizvodnih tako i ostalih sličnih sustava i procesa, te tokova materijala i informacija u njima.

##### **4.2.1. Osnovni elementi i principi rada u računalnom programu "Plant Simulation"**

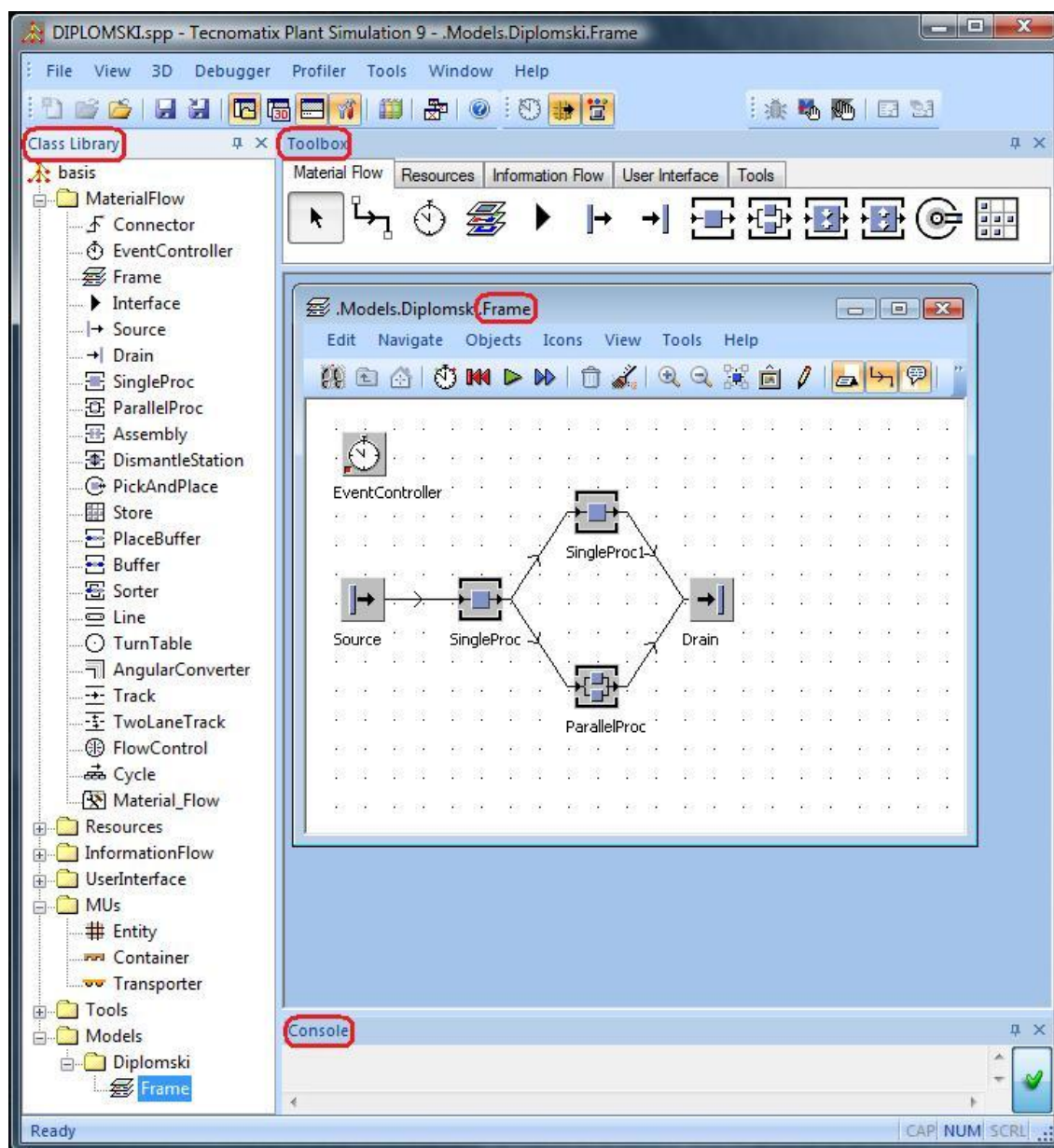
###### **4.2.1.1. Glavna radna površina**

Kao i svaki drugi računalni program, tako i Plant Simulation posjeduje glavnu radnu površinu na kojoj se obavljaju svi poslovi vezani za izradu simulacijskog modela. Radna se površina uz prikaz osnovnih elemenata za rad, može dodatno organizirati na način koji korisnik želi, tj. da se na njoj nalaze alati i ostali izbornici koje npr. korisnik najčešće koristi, pa da su uvijek "pri ruci". Osnovni elementi radne površine su:

1. biblioteka vrsta (eng. "class library")
2. konzola (eng. "console")
3. alatna traka (eng. "tool box")
4. radni okvir (eng. "frame window", skraćeno "frame").



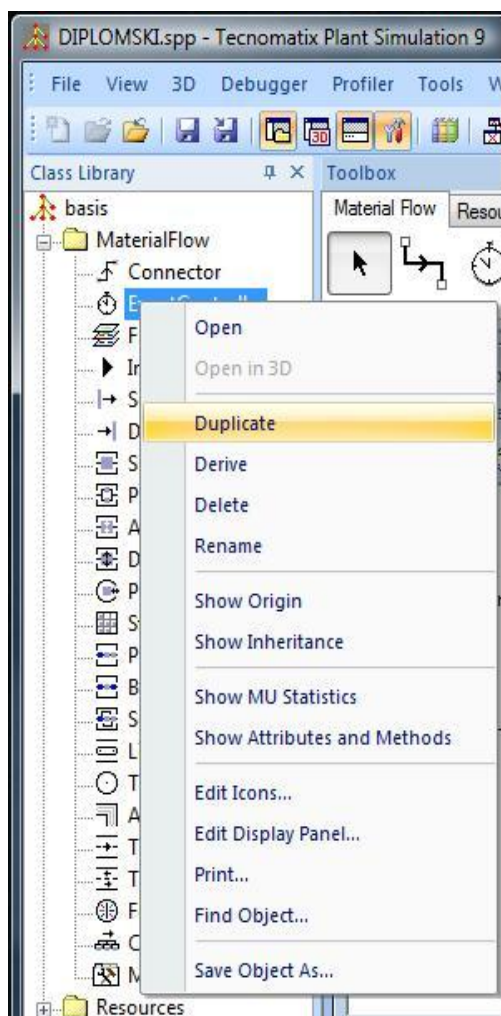
Na [Slika25] je dan prikaz radne površine sa osnovnim elementima za rad na izradi simulacijskog modela.



Slika 25. Plant Simulation- radna površina

#### 4.2.1.2. Biblioteka vrsta

Biblioteka vrsta (eng. "class library"): je dio radne površine u kojoj se nalaze sve vrste osnovnih elemenata i objekata potrebnih za izradu simulacije. U biblioteci vrsta je moguće kreiranje vlastitih mapa (eng. "folder") i vrsta, promjena izgleda i karakteristika vrsta, umnožavanje vrsta (eng. "duplicate"), umnožavanje vrsta sa zadržavanjem izvornih osobina (eng. "derive"), kreiranje novih radnih okvira (eng. "new frame"). Sve prethodno navedene radnje je moguće ostvariti odabirom u podizborniku koji se otvori kada se desnim "klikom" miša označi bilo koji dio sadržaja u biblioteci vrsta, kao što je prikazano na [Slika26.].



Slika 26. Plant Simulation- rad sa bibliotekom vrsta

Osnovni elementi u biblioteci vrsta su podjeljeni u nekoliko grupa, a temeljne su:

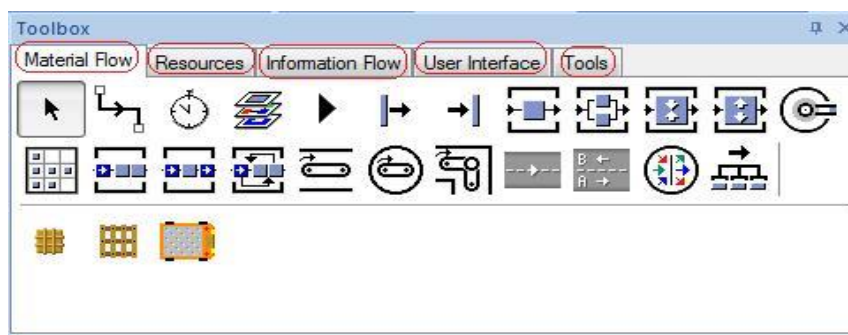
1. objekti toka materijala (eng. "Material flow")
2. objekti resursa (eng. "Resources")
3. objekti toka informacija (eng. "Information flow")
4. objekti korisničkog sučelja (eng. "User Interface")
5. pokretni objekti (eng. "Mobile Units," skraćeno "MUs")
6. alatni objekti (eng. "Tools") i
7. modeli (eng. "Models") (za pohranu vlastitih simulacijskih modela).

#### 4.2.1.3. Konzola

Konzola (eng. "console"): je dio radne površine u kojemu se prikazuju informacije za vrijeme izvođenja simulacije, poput grešaka ili ostalih važnih informacija koje se žele prikazati ukoliko je to definirano u programskom kodu simulacijskog koda, poput izlaznih vrijednosti poracuna.

#### 4.2.1.4. Alatna traka i osnovni objekti za rad

Alatna traka (eng. "tool box"): je dio radne površine u kojem se nalaze prečaci za one objekte i elemente koji se najčešće koriste u izradi simulacijskog modela. Glavnina rada na izradi simulacijskog modela se temelji na korištenju objekata u alatnoj traci. Sadržaj alatne trake može sam korisnik uređivati. Uređivanje sadržaja se obavlja dodavanjem novih objekata ili elemenata jednostavnim dovlačenjem mišom iz biblioteke vrsta (eng. "drag and drop"). Na slici je dan prikaz osnovne alatne trake.



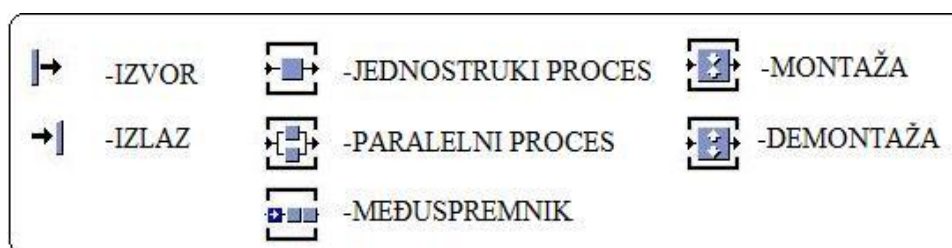
Slika 27. Plant Simulation- Alatna traka

Osnovni objekti alatne trake su podjeljeni u grupe kao i u biblioteci vrsta:

**Objekti toka materijala(eng. "material flow"):** su objekti koji su podjeljeni u dvije vrste, aktivne i pasivne. Aktivni objekti toka materijala transportiraju i/ili aktivno obrađuju pokretne objekte koji preko njih prolaze, dok pasivni objekti toka materijala ne obrađuju aktivno pokretne objekte, već ih samo pohranjuju ili samo transportiraju.

Neki od osnovnih aktivnih objekata toka materijala, koji su prikazani na [Slika 28], su :

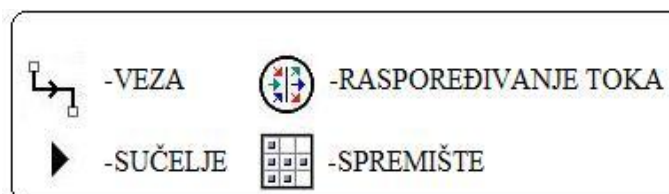
- izvor (eng. "source")
- izlaz (eng. "drain")
- jednostruki proces (eng. "single process")
- paralelni procesi (eng. "parallel process")
- sastavljanje/montaža (eng. "assembly")
- rastavljanje/demontaža (eng. "dismantle Station")
- međuspremnik (eng. "buffer").



Slika 28. Plant Simulation- Aktivni objekti toka materijala

Neki od osnovnih pasivnih objekata toka materijala, koji su prikazani na [Slika29.], su:

- veza (eng. "connector")
- sučelje (eng. "interface") (za kreiranje veza između radnih okvira)
- raspoređivanje toka (eng. "flow control")
- spremište (eng. "store").



Slika 29. Plant Simulation- Pasivni objekti toka materijala

Ostali osnovni objekti za rad koji se nalaze u alatnoj traci, koji su prikazani na [Slika30.], a smješteni su uz objekte toka materijala, su:

- upravljanje događajima (eng. "event controller")
- novi radni okvir (eng. "frame")
- pokretni objekti (eng. "mobile units" ili "Mus"): entitet (eng. "entity"), kontejner (eng. "container") i prijevozno vozilo (eng. "transporter").



**Slika 30. Plant Simulation- Ostali objekti toka materijala**

Aktivni objekti toka materijala kako je prije spomenuto imaju karakteristiku da obrađuju obradive objekte (entitete ili kontejnere) koji preko njih prelaza, pa tako objekt "Izvor" služi kao ulazni dio simulacije gdje prema pravilima koje korisnik odredi kreiraju obradivi objekti. Objekt "Izlaz" predstavlja izlaz iz simulacije, gdje se obradivi objekti uništavaju kako ne bi ometali rad predhodnih procesa u simulaciji. Kao procesi koji obrađuju obradive objekte a mogu predstavljati bilo koji proces u stvarnosti koriste se "Jednostruki" i "Paralelni" procesi. Primjena "Paralelnog" procesa olakšava rad kreiranja modela jer umjesto da se površina radnog okvira popunjava sa više jednakih procesa koji predstavljaju isti proces obrade, jednostano zamjene sa jednim "Paralelnim". Ukoliko u simulacijskom modelu treba kreirati procese montaže ili demontaže za njih također već postoje pripadajući objekti u kojima se definiraju koji obradivi objekti u njih ulaze i na koji način izlaze kao jedan, kao npr. kod montaže. Za potrebe prikaza zaliha ili čekanja između procesa može se koristiti objekt "međuspremnik".

Pasivni objekti toka materijala kao što je prije spomenuto služe za povezivanje aktivnih objekata kako bi se između njih ostvario tok materijala, odnosno obradivih objekata. Pa, tako korištenjem objekta "Veza" povezujemo aktivne objekte toka materijala kreiranjem veza u obliku linija između njih, na kojima su prikazane strelice koje prikazuju smjer gibanja obradivih objekata. Ukoliko se u simulacijskom modelu koristi hijerarhijski opis nekog većeg kompleksnog procesa sa manjim procesima koji su izrađeni svaki za sebe u svojim radnim okvirima, tada se za povezivanje aktivnih objekata između tih radnih okvira, koristi objekt "Sučelje" u kombinaciji sa objektom "Veza". Od ostalih pasivnih objekata toka materijala koji se često koriste su objekt "Raspoređivanja toka" koji se u modelu pozicionira na mjestu gdje je potrebno neki ulazni tok rašlaniti na više izlaznih, te na kojemu se prema pravilu kojeg korisnik kreira, obradivi objekti raspoređuju po izlaznim tokovima iz objekta "Raspoređivanje toka". Ukoliko je potrebno u modelu prikazati određenu pohranu obradivih objekata, koristi se objekt "Spremište" u kojemu se može definirati kapacitet i trenutak pražnjenja.

Ostali objekti toka materijala koji se mogu nalaziti u alatnoj traci u djelu toka materijala su objekt "Upravljanje događajima" bez kojega se ne može izvoditi simulacija, a u njemu se definiraju vremenski intervali prema kojima se izvodi simulacija, te se simulacija u njemu pokreće, pauzira ili resetira vraćanjem na početne postavke simulacije i brisanjem svih obradivih objekata koji se u tom trenutku nalaze u simulaciji u radnom okviru. Objekt "Novi radni okvir" služi za brzo kreiranje novih radnih okvira ako za to postoji potreba, kao npr. prilikom izrade hijerarhijskog prikaza modela. Uz predhodno navedene objekte tu se nalaze i jedni od najvažnijih, a to su pokretni objekti, koji se dijele na obradive i transportne. Objekti obrade bez kojih ostali objekti ne bi funkcionirali, jer je za njihovo funkcioniranje potrebno da objekt obrade dođe do njih kako bi ga obradili su pokretni objekt "Entitet" i "Kontejner". Obradivi objekt "Entitet" je objekt koji predstavlja bilo koji proizvod ili uslugu koju stvara ili obrađuje ili transportira neki objekt toka materijala. Objekt "Kontejner" predstavlja u doslovnom smislu kontejner ili spremnik u kojemu se objekti "Entitet" transportiraju u količini koju korisnik simulacije definira kao kapacitet kontejnera. Pokretni objekt "Transporter" služi za simuliranje transporta proizvoda između objekata toka materijala.

**Objekti resursa (eng. "Resources"):** se koriste kada je u simulacijskom modelu potrebno kreirati aktivnosti kojima se bave radnici. Stoga se u objektima resursa mogu pronaći objekt "Radno mjesto" (eng. "Work place") koje je potrebno smjestiti u modelu gdje će radnik obavljati aktivnosti koje definira korisnik simulacije. Objekt "Radnik" (eng. "Worker") je objekt koji predstavlja radnika koji odlazi na predhodno definirano radno mjesto i obavlja aktivnosti koje se od njega traže. Objekt "Grupa radnika" (eng. "Worker pool") predstavlja mjesto gdje se nalazi više radnika koji čekaju da ih neki objekt pozove da obave aktivnosti, i na koje se vraćaju kada te aktivnosti obave. Kako bi radnik mogao stići do radnog mjesta potrebno mu je definirati put kojim će se kretati do njega pomoću objekta "Staza" (eng. "Foot path") kojim se povlačenjem po radnom okviru crtanjem kreira staza kretanja. Objekt pod nazivom "Izvoznik" (eng. "Exporter") pohranjuje sve aktivnosti koje neki radnik može obaviti, dok ih objekt "Posrednik" (eng. "Broker") raspoređuje po radnim mjestima ovisno o tipu aktivnosti koja se traži. "Kalendar smjena" (eng. "Shift Calendar") je objekt u kojemu se mogu kreirati broj smjena i njihovo trajanje. Da li će neki objekt simulacijskog modela koristiti "Kalendar smjena" ovisi o tome da li je u postavkama objekta označeno njegovo korištenje. Na [Slika 7] je dan prikaz objekata resursa.



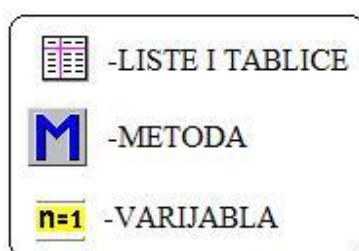
**Slika 31. Plant Simulation- objekti resursa**

**Objekti toka informacija (eng. "information flow"):** se koriste za upravljanje određenim informacijama i podacima koji se koriste prilikom izvođenja simulacije.

Jedna vrsta od najkorištenijih objekata toka informacija su objekti "Liste i tablice" (eng. "Table file") koje se mogu koristiti npr. ako je potrebno definirati poseban režim izrade obradivih objekata na objektu "Ulaz" ili način na koji će neki objekt transportirati već obrađene objekte ovisno o nekim njihovim karakteristikama koje se zapišu u objektu "Liste i tablice" ili za razne proračune.



Druga vrsta je objekt "Metoda" (eng. "Method") koja se koristi ako je potrebno definirati posebno ponašanje objekata, ako već postojeće programom definirano ne zadovoljava potrebe za izradu simulacijskog modela koji se izrađuje. U Objektu "Metoda" (u nastavku teksta: "metoda") se programiranjem definiraju željena ponašanja objekata, korištenjem programskog jezika "SimTalk". Objekt pod nazivom "Varijabla" (eng. "Variable") se koristi prilikom programiranja metoda ukoliko je potrebno definirati varijable koje se koriste u više njih, a takve varijable onda spadaju u grupu varijabla koje se zovu globalne. Na sljedećoj [Slika32.] je dan prikaz temeljnih objekata toka informacija koji se najčešće koriste.



**Slika 32. Plant Simulation-objekti toka informacija**

**Objekti korisničkog sučelja (eng. "User Interface"):** su objekti koji služe za interakciju između korisnika sa simulacijom tokom njenog izvođenja ili za prikaz određenih podataka koji se ne prikazuju u prije spomenutoj konzoli.

Objekt "Komentar" (eng. "Comment") služi za dodavanje određenih komentara i opisa u radni okvir pokraj određenih dijelova modela pomoću kojih se korisniku olakšava shvaćanje ponekih događaja koji se događaju tokom izvođenja simulacije, poput označavanja grananja u djelovima gdje se donose odluke, kao npr. da li je neki uvjet zadovoljen ili pa se dodaju komentari "Da" ili "Ne" uz izvode koji izlaze iz objekta koji je definiran da obavlja proces odlučivanja. Objekt "Prikaz" (eng. "Display") se može koristiti na način da se dodaje uz objekte za koje se želi pratiti kako se mijenjaju neki njegovi dinamički parametri, koji se u objektu "Prikaz" izmjenjuju za vrijeme izvođenja simulacije. Objekt "Dijalog" (eng. "Dialog") služi za interakciju korisnika sa izvođenjem simulacije ako je definirano u programskom kodu da u određenom trenutku izvođenja simulacije korisnik mora unesti tražene podatke ili parametre za nastavak izvođenja simulacije.



Objekt "Dijagram" (eng. "Chart") služi za izradu dijagrama u kojima se mogu pratiti određeni parametri tokom izvođenja simulacije. Pokretanje dijagrama se vrši jednostavnim povlačenjem ikone objekta kojeg se želi promatrati na ikonu objekta "Dijagram". Na kraju, tu je i objekt pod nazivom "Izvešće" (eng. "Report") pomoću kojeg se mogu kreirati razna izvješća, ako korisnik simulacijskog modela to želi. Na sljedećoj [Slika33.] je dan prikaz objekata korisničkog sučelja koji se najčešće koriste.



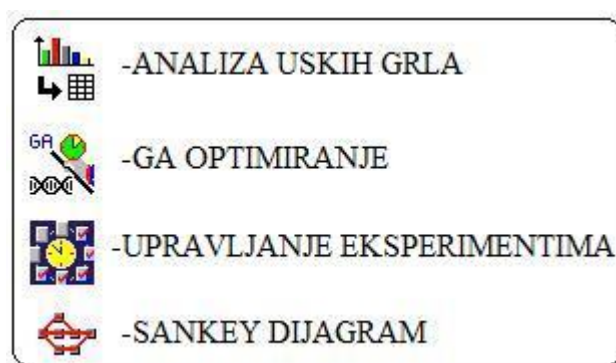
**Slika 33. Plant Simulation- objekti korisničkog sučelja**

**Alatni objekti (eng. "Tools"):** služe korisniku da pomoću njih dođe do određenih spoznaja o izvedenim simulacijama i pokuša ih poboljšati.

Objekt "Analiza uskih grla" (eng. "BottleNeck analyzer") je alat koji prikuplja statističke podatke o objektima koji se nalaze u simulacijskom modelu i na kraju izvođenja simulacije omogućuje korisniku da dobije uvid o ponašanju promatranih objekata. Prikupljeni podaci prikazuju se u malim dijagramima koji se prikazuju iznad svakog promatranog objekta i u različitim bojama. Uglavnom se prikupljaju podaci poput udjela vremena utrošenih na rad (zeleni), pauze (žuti), prekide (plavi) i blokirani (smeđi) stanja. Na osnovu tih podataka se brzo dolazi do zaključaka koji objekti i dijelovi simulacijskog modela predstavljaju uska grla cjelokupnom procesu, odnosno modelu. Prema tim podacima, ukoliko se za određeni proces, odnosno objekt prikaže da posjeduje veliki udio vremena potrošen na rad (zeleni boji), njega se može smatrati uskim grlom.

Objekt "GA optimiranje" (eng. "GA optimization") omogućuje optimiranje procesa prikazanog simulacijskim modelom pomoću genetičkih algoritama. Objekt "Upravljanje eksperimentima" (eng. "Experiment manager") je alat koji omogućuje korisniku definiranje različitih parametara koji se trebaju izmjenjivati za svako izvođenje simulacije i prikupljanje i prikaz podataka o izlaznim vrijednostima.

Objekt "Sankey dijagram") je alat pomoću kojeg se mogu prikazati inteziteti tokova materijala između objekata. Koriste se razne debljine linije za svaki intezitet toka materijala, pa se na osnovi debljine linija može zaključiti između koji objekata je najveći protok materijala.



Slika 34. Plant simulation- alatni objekti

## **5. OPIS IZRADE SIMULACIJSKOG MODELA NA PRIMJERU PROCESA ODRŽAVANJA BENZINSKIH POSTAJA**

Za potrebe ovog rada je bilo potrebno izraditi simulacijski model koji prikazuje proces klasičnog pristupa održavanju kojeg se uz određene promjene može pretvoriti u model koji bi predstavljao poboljšano stanje prema principima "vitkog" menadžmenta, odnosno "vitke" filozofije. Princip izrade ovog primjera simulacijskog modela je u nastavku teksta opisan prema osnovnim koracima izrade simulacijskog modela koji su predhodno opisani, a to su:

1. Određivanje problema
2. Ocjena isplativosti korištenja simulacije
3. Određivanje ciljeva
4. Prikupljanje i analiza podataka
5. Izrada modela
6. Izvođenje simulacije
7. Analiza i interpretacija rezultata
8. Dokumentiranje rezultata

### **5.1. Određivanje problema**

Problem koji je potrebno riješiti u ovom slučaju predstavlja ispitivanje cjelokupnog procesa klasičnog pristupa održavanju benzinskih postaja. Potrebno je odrediti efikasnost i efektivnost cjelokupnog procesa održavanja primjenom analize svih pripadajućih procesa koji se odvijaju od trenutka nastanka i prijave kvara ili trenutka obavljanja planiranog procesa održavanja do kraja izvođenja svih aktivnosti održavanja i izdavanja, odnosno primanja računa.

### **5.2. Ocjena isplativosti korištenja simulacije**

Za analizu efikasnosti procesa može se koristiti analitički pristup, no on se primjenjuje za svaku varijantu odvijanja procesa zasebno. Kako se u ovom primjeru radi o dvije varijante odvijanja procesa održavanja, i to jedna za procese interventnog i planskog održavanja, a druga za procese investicijskog održavanja koje se određenim trenutcima odvijaju

istovremeno pa mijenjaju tijekom odvijanja aktivnosti koje se ne mogu predvidjeti u analitičkoj analizi. Zbog toga je poželjno napraviti simulacijski model pomoću kojega bi se pokušalo doći do rezultata analize odvijanja tih procesa ako se oni odvijaju kao u stvarnosti.

### **5.3. Određivanje ciljeva**

Potrebno je napraviti analizu procesa za uvođenje "vitke", odnosno "Lean" filozofije, a to se obavlja podjelom svih aktivnosti na one koje predstavljaju aktivnosti koje donose vrijednost, aktivnosti koje ne donose vrijednost ali su nužne za obavljanje cjelokupnog procesa i aktivnosti koje predstavljaju vrijeme gubitka, odnosno vrijeme koje bi bilo najbolje izbaciti.

Nakon izrade simulacijskog modela klasičnog pristupa održavanju, analize aktivnosti i donošenja odluka koje promjene je potrebno uvesti, te promjene je potrebno primjeniti na simulacijskom modelu kako bi se dobili rezultati simulacijskog modela koji će onda predstavljati "vitki" pristup održavanju i koji se na kraju mogu usporediti sa rezultatima simulacijskog modela klasičnog pristupa održavanju i rezultatima analize klasičnim analitičkim putem.

### **5.4. Prikupljanje i analiza podataka [20]**

Kako je prije objašnjeno, u ovom se koraku prije same izrade simulacijskog modela moraju prikupiti svi važni podaci o stvarnom procesu kojeg se želi simulirati u virtualnoj stvarnosti. Podaci koji su se koristili za izradu simulacijskog modela, su preuzeti iz literature [20] u kojoj je opisana predhodno učinjena analiza sustava klasičnim, odnosno analitičkim putem, a koja je dio postupka implementacije metodologije "vitkog", tj. Lean održavanja na primjeru održavanja benzinskih postaja.

Sustav koji je analiziran je "Služba održavanja" koja je zadužena za sve poslove vezane uz održavanje benzinskih postaja jedne naftne kompanije. U nastavku teksta su dani osnovni podaci o sustavu, prema kojima je izrađen primjer simulacijskog modela klasičnog pristupa održavanju.

#### 5.4.1. Organizacijska struktura Službe održavanja

Služba održavanja je zadužena za održavanje opreme, infastrukture, instalacija i objekata koje se nalaze na benzinskim postajama. Organizacija Službe održavanja se sastoji od "Ureda direktora" pod kojeg spadaju glavni inženjeri za strojarsko, građevinsko, elektro i informatičko održavanje i administrativni odjel, i od "Grupe za operativno održavanje". Prikaz odorganizacijske strukture je dan na [Slika 35].



Slika 35. Organizacijska struktura Službe održavanja [20]

#### 5.4.2. Organizacija poslova i zaduženja u Službi održavanja

Poslovi za koje je odgovoran Direktor službe su organiziranje, koordiniranje i nadziranje poslovnih procesa koji se odvijaju u Službi održavanja, u poštivanje zakonskih i internih regulativa o kvalitetnom izvršenju poslova. Vršiti organiziranje i odobravanje planova održavanja i planova investicija, te kontrolirati njihovu realizaciju. Poslovi za koje su zaduženi glavni inženjeri su, uz kordiniranje i nadziranje poslovnih procesa u Službi održavanja, organiziranje, predlaganje i kontrola plana održavanja i plana insvesticija uz kontrolu njihove realizacije, sudjelovanje u povjerenstvima nabave za izbor izvoditelja ili dobavljača, te prema tehničkoj specifikaciji za naručivanje izvođenja radova i nabavke opreme, materijala i rezervnih dijelova za održavanje. Pokreću upite za ponudu za radove investicijskog karktera i obavljaju kontolu pristiglih ponuda.

Poslovi koje obavljaju djelnici administrativnog odjela su vezani uz urudžbiranje i distribuiranje dokumenata koji se čuvaju u arhivi Službe, provode kontole izmjena u dokumentima vanjskog podrijetla, izrađuju i pripremaju izvješća o toku dokumentacije i troškovima Službe. Poslovi djelatnika za operativno održavanje su pružanje servisne podrške na poslovima održavanja, specificiraju kvarove i vrše propisani nadzor nad obavljanjem radova održavanja u slučajevima kada radove izvode vanjski izvođači, otklanjaju kvarove na benzinskim postajama za koje su stručno osposobljeni, na način da nakon odobrenja podižu sa internih skladišta rezervne dijelove i ugrađuju ih na benzinske postaje.

#### **5.4.3. Opseg poslova održavanja kojima se bavi Služba održavanja**

U poslove održavanja za koje je Služba održavanja zadužena, spadaju:

- poslovi interventnog održavanja,
- poslovi planskog održavanja i
- poslovi investicijskog održavanja.

Poslovi interventnog održavanja predstavljaju razne poslove koji se obavljaju prilikom održavanja objekata i opreme po dnevnoj potrebi. Tu spadaju hitni i neodgodivi poslovi popravaka na benzinskim postajama koji bi ukoliko ne bi bili pravovremeno riješeni, doveli do ugrožavanja sigurnosti ili obustavljanja prodaje. Poslovi planskog održavanja predstavljaju poslove održavanja vezane uz izvođenje preventivnih pregleda, redovitih servisa opreme i instalacija, ispitivanja i poslova održavanja koje je potrebno prema zakonskim regulativama redovito obavljati, izvođenje sezonskih preventivnih pregleda i čišćenja (mjerne opreme, instalacija, sustava grijanja, hlađenja i ventilacije, ličenje rubnjaka i objekata i sl..

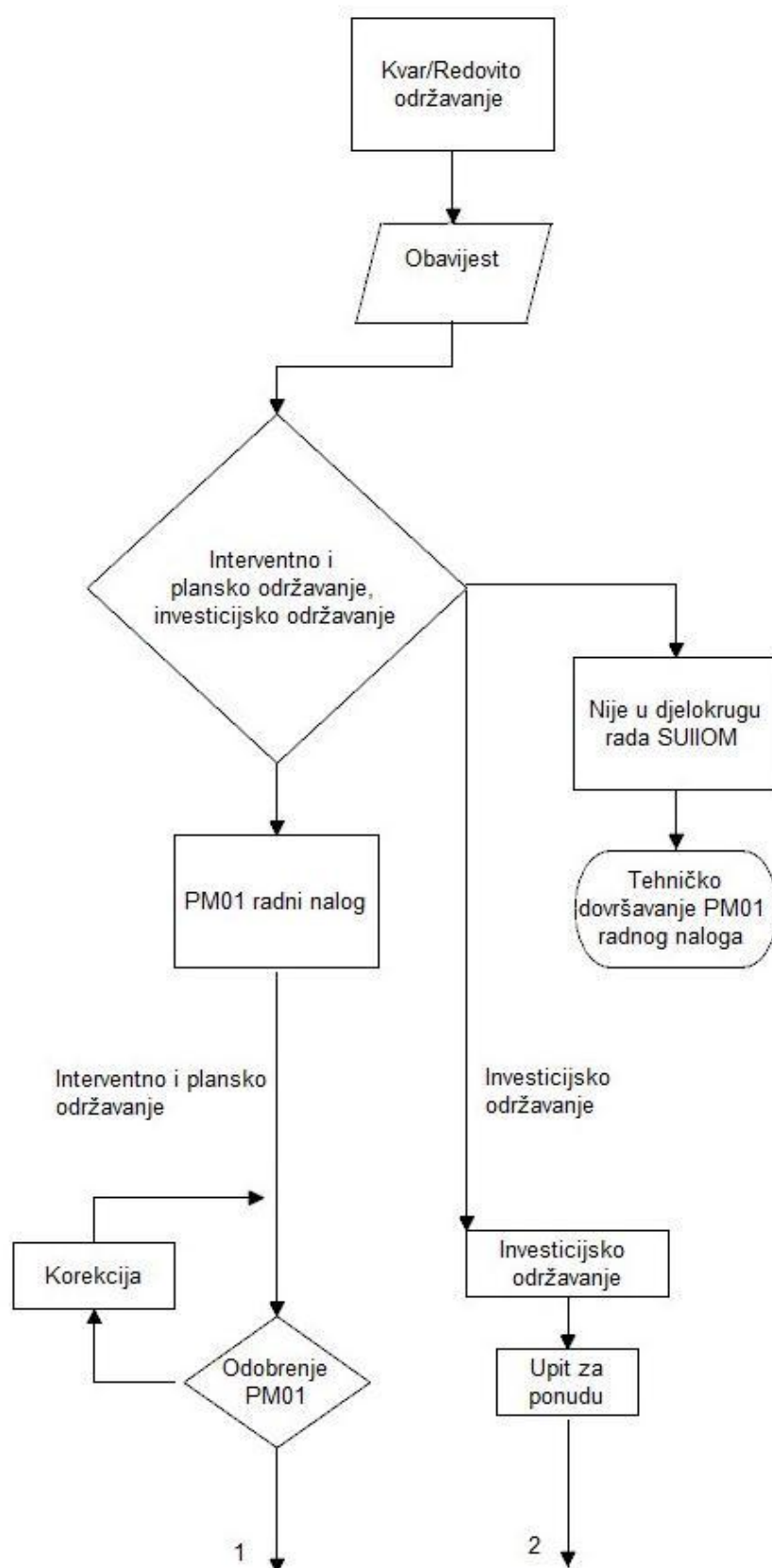
Poslovi investicijskog održavanja se izvode kako bi se zadovoljile određene zakonske regulative, produžio životni vijek opreme, građevinske infrastrukture i instalacija benzinskih postaja. Pod poslove investicijskog održavanja se podrazumijevaju manja ulaganja i rekonstrukcije kako bi se poboljšao rad, sanirala ili zamjenila pojedinačna oprema i uređaji zbog dotrajalosti i otklanjanje bilo kakvih nedostataka prije pregleda za dobivanje tehničkog nalaza, dozvola i inspekcijskih rješenja.

#### **5.4.4. Podaci o procesu upravljanja održavanjem benzinskih postaja**

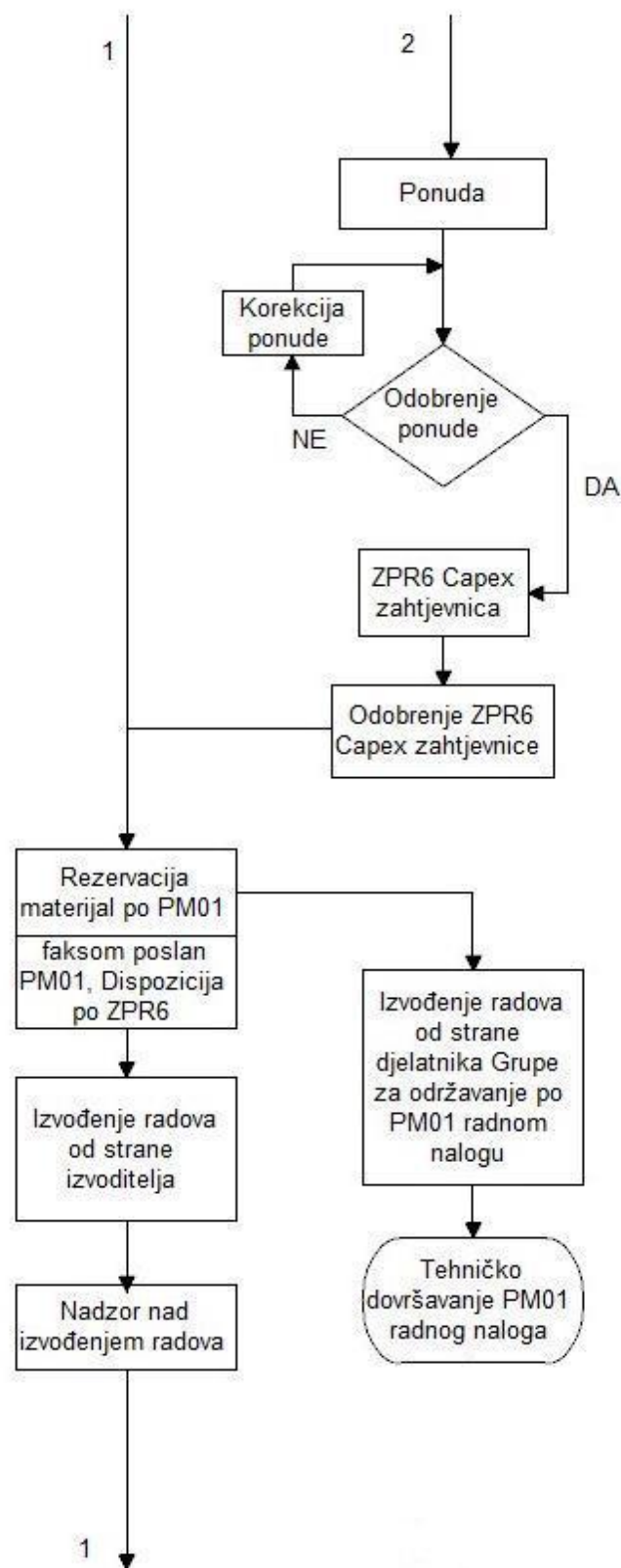
Prilikom uvođenja "vitke", odnosno Lean filozofije poslovanja u postupak upravljanja održavanjem benzinskih postaja, napravljen je snimak zatečenog stanja u kojemu su definirani svi resursi potrebni za izvođenje tog procesa, odnosno postupka, i svi gubici koji se pojavljuju u procesu. Nakon snimanja stanja na raspolaganju je popis svih aktivnosti vezanih uz proces upravljanja održavanjem, a koje su prikazane u Dijagramu tijeka procesa na sljedećoj [Slika36].

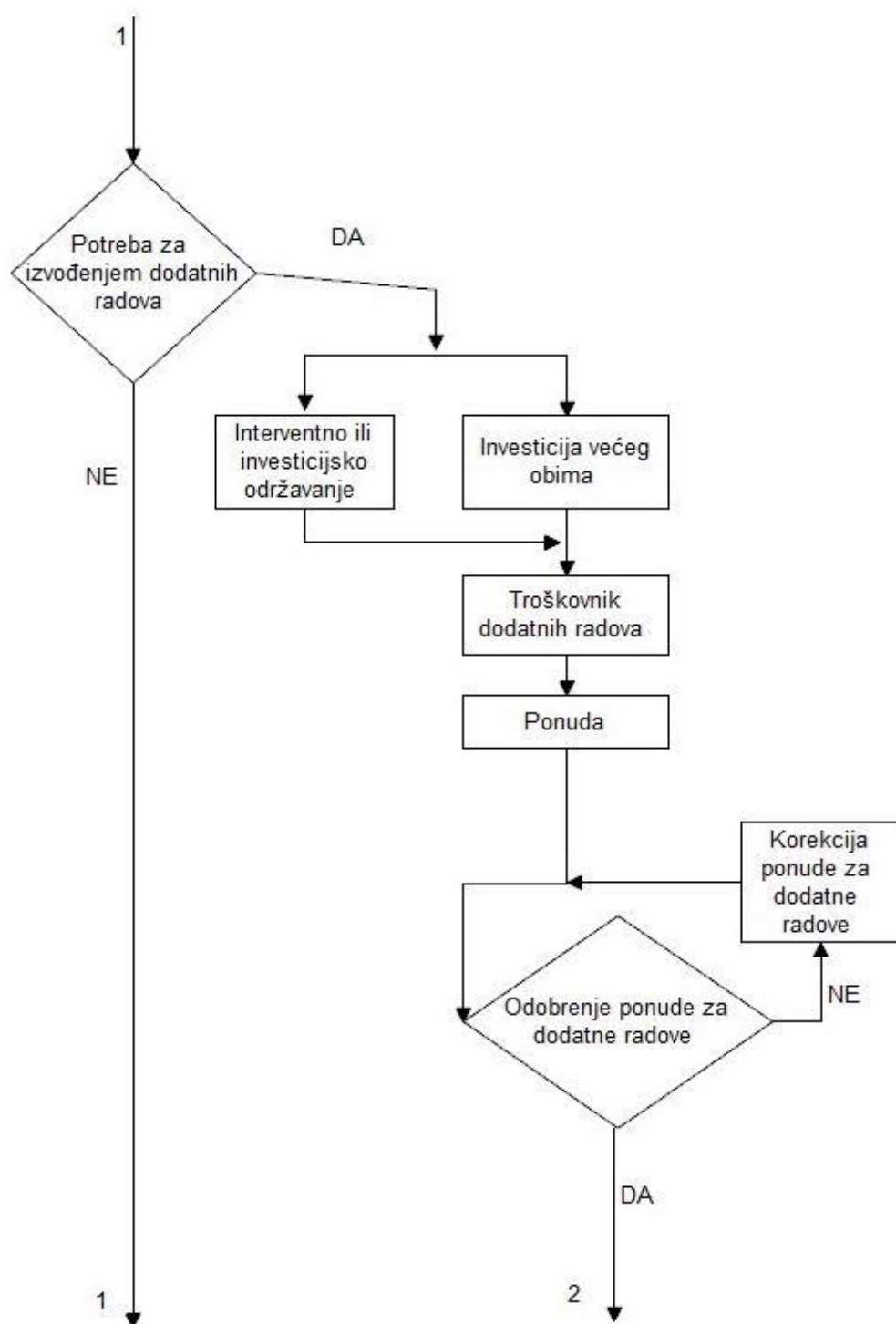
Postupak upravljanja održavanjem benzinskih postaja se može, prema [20], podijeliti na:

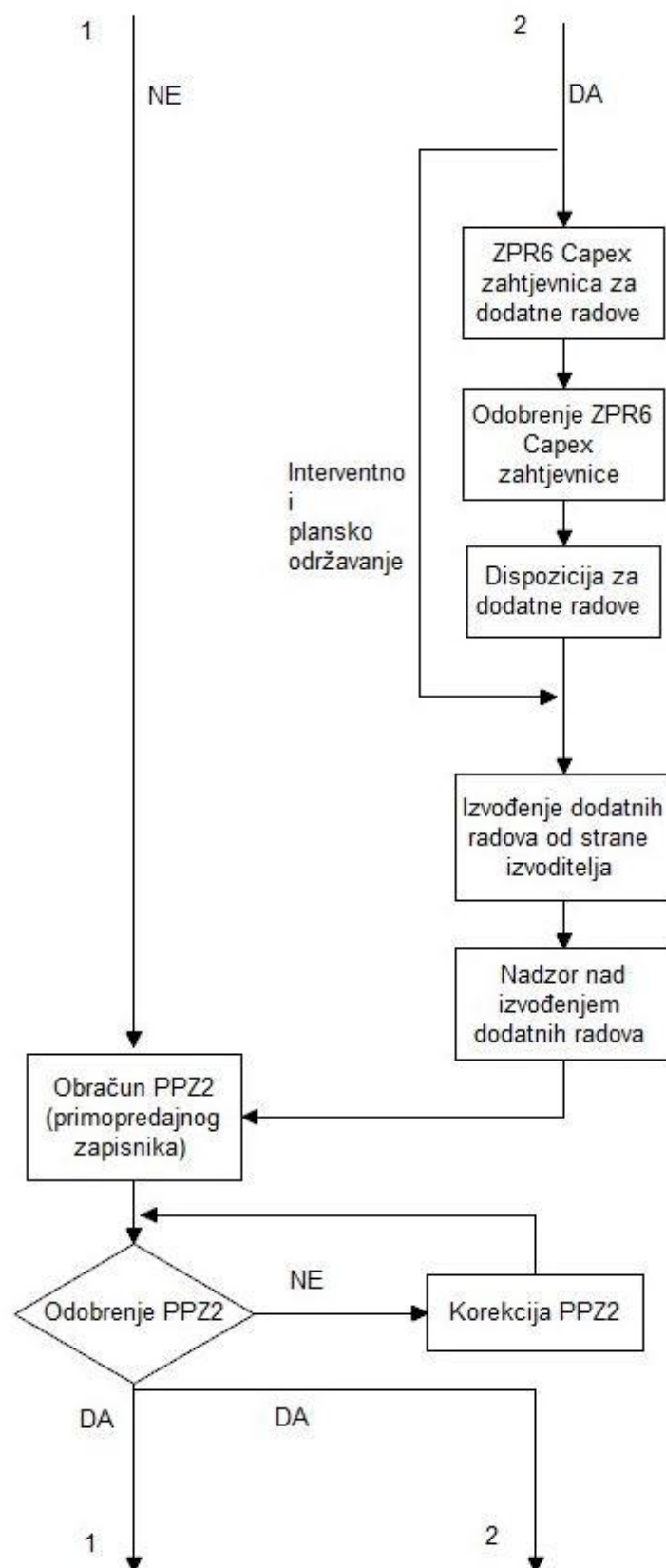
- naručivanje i organiziranje izvođenja radova
- stručni nadzor i vođenje radova
- obračun i primopredaju radova.

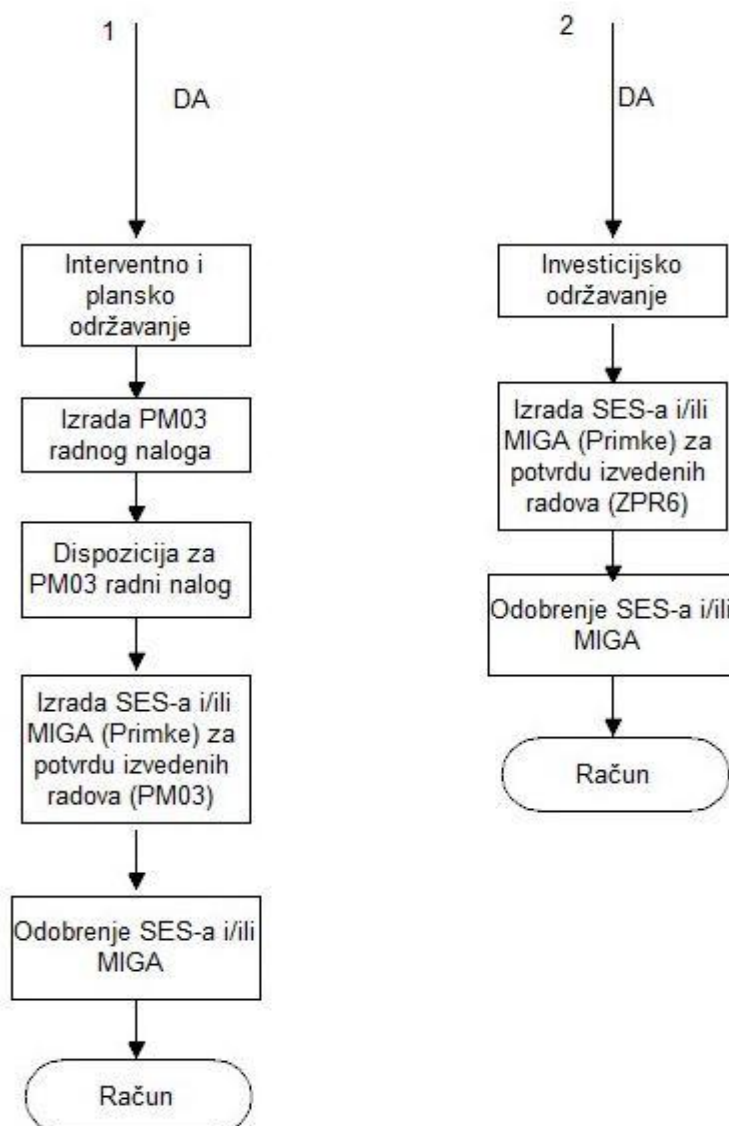












**Slika 36. Dijagram tijeka procesa održavanja na benzinskim postajama [20]**

Opis aktivnosti koje su prikazane u dijagramu na [Slika 36], sa svim pripadajućim vremenima je dan u sljedeće dvije tablice. Opis aktivnosti za poslove interventnog i planskog održavanja je dan u sljedećoj [Tablica 2].

**Tablica 2. Aktivnosti interventnog i planskog održavanja na benzinskim postajama [20]**

R.broj aktivnosti	Aktivnost	Ukupno vrijeme	VAT	NVAT	WT
1	Kada se pojavi kvar na BP ispunjava se formular za prijavu kvara i faksom proslijeđuje višem komercijalistu maloprodaje	15		15	
2	Temeljem teksta prijave kvara se uz suglasnost regionalnog voditelja otvara obavijest u SAP sustavu	120			120
3	Temeljem pisane obavijesti pokuša se definirati kojoj vrsti održavanja pripada navedena obavijest (interventno održavanje, plansko održavanje)	180		180	
4	Ukoliko zatraženi radovi ili oprema nisu u djelokrugu rada održavanja (SUIIOMM) u obavijesti se napiše kratki tekst „Nije u djelokrugu rada SUIIOMM“ te se ista tehnički dovrši	2		2	
5	Za radove koji imaju karakter interventnog i planskog održavanja a mogu ih izvršiti djelatnici Grupe za operativno održavanje kreira se PM01 radni nalog (interni radni nalog za podizanje robe sa skladišta).  Ukoliko radove ne mogu izvršiti djelatnici Grupe za operativno održavanje a isti pripadaju interventnom ili planskom održavanju kreira se PM01 radni nalog- vanjski gdje se u dugom tekstu operacije koliko je moguće detaljnije opišu radovi koje je potrebno izvršiti, materijal i/ili rezervni dijelovi koje je potrebno zamijeniti	10		10	
6	Prije odobrenja moguće je zatražiti korekciju teksta radnog naloga	30			30
7	Odobrenje PM01 radnog naloga (internog) ili vanjskog koji se faksom dostavlja izvoditelju	150		150	
8	Za odobreni PM01 (interni) radni nalog rezervacija za materijal se prikazuje voditelju skladišta u SAP sustavu.  Odobreni PM01 radni nalog za interventno i plansko održavanje šalje se faksom izvoditelju	1440		1440	

R.broj aktivnosti	Aktivnost	Ukupno vrijeme	VAT	NVAT	WT
9	Djelatnik Grupe za operativno održavanje podiže materijal sa skladišta i vrši popravak i zamjenu dijelova na odgovarajućem objektu / opremi na BP te ispunjava radni nalog s opisom izvršene usluge i zamijenjenim materijalom ili rezervnim dijelom. Radni nalog se ovjerava na BP te se radni nalog tehnički dovršava	1440	1440		
10	Za odobreni PM01 radni nalog koji je faksom dostavljen izvođaču pristupa se izvođenju radova sukladno zakonskoj regulativi	180	180		
11	Nadzor izvođenja radova vrši se sukladno troškovniku radova, tehničkoj dokumentaciji, važećim propisima, standardima, tehničkim normativima, internim propisima i pravilnicima naručitelja i pravilima struke	100		100	
12	Prilikom izvođenja radova je moguće utvrditi da je potrebno izvršiti dodatne radove (isti se nisu mogli predvidjeti prilikom odobrenja PM01, ili su neophodni radi potreba funkcioniranja poslovnog procesa)	120		120	
13	Troškovnik mora sadržavati sve dodatne stavke koje su utvrđene da ih je potrebno / poželjno izvršiti	90		90	
14	Ponuda sadrži: specifikaciju radova, jedinične cijene iz Ugovora sukladno šiframa iz SAP kataloga te ukupnu cijenu iz ponudbenog troškovnika, termin završetka radova.	30		30	
15	Pristigla Ponuda za dodatne radove se kontrolira od strane Glavnog inženjera po svim elementima te je moguće zatražiti korekciju iste	720		720	
16	Ponuda se odobrava od strane Glavnog inženjera, Direktora SUIIOMM te Direktora SRMMIUI	120		120	
17	Pristupa se izvođenju radova sukladno zakonskoj regulativi	90	90		
18	Nadzor izvođenja dodatnih radova vrši se sukladno troškovniku radova, tehničkoj dokumentaciji, važećim propisima, standardima, tehničkim normativima, internim propisima i pravilnicima naručitelja i pravilima struke	60		60	
19	PPZ2 (primopredajni zapisnik) mora sadržavati: obračun po objektu s točno specificiranim količinama i cijenama radova, materijala, rezervnih dijelova, kilometara, sati rada; Ovjerene dnevničke radova, građevnu knjigu, prijevoznicu, otpremnicu / ovjeren radni nalog s BP; Dokumentaciju i sve one izmjene i dopune koje su potpisali ovlašteni predstavnici i odobrile odgovorne osobe.	43200		43200	
20	Pristigli Obračun PPZ2 se kontrolira od strane Glavnog inženjera po svim elementima te je moguće zatražiti korekciju iste	2880		2880	
21	Potpisivanje PPZ2 od strane Glavnog inženjera, Direktora SUIIOMM te odgovorne osobe od strane Izvođača	2880		2880	



R.broj aktivnosti	Aktivnost	Ukupno vrijeme	VAT	NVAT	WT
22	Temeljem potpisanog PPZ2 potrebno je za radove interventno i planskog održavanja kreirati PM03 radni nalog za već izvedene radove	15		15	
23	Odobrenje PM03 radnog naloga za već izvedene radove	720		720	
24	Za odobreni PM03 kreira se dispozicija u SAP sustavu i ista faksom dostavlja izvoditelju za već izvedene radove	1440		1440	
25	Za radove interventno i planskog održavanja (PM03) unosi se SES i/ili MIGO (primka) za potvrdu izvedenih radova, a broj unosa se upisuje na PPZ2.  PM03 radni nalog se tehnički dovršava u SAP sustavu	10		10	
26	U SAP sustavu se vrši odobrenje SES-a i/ili MIGA.	720		720	
27	Račun se dostavlja u Službu ulaznih računa	21600		21600	
<b>UKUPNO:</b>		<b>78.362</b>	<b>1.710</b>	<b>76.502</b>	<b>150</b>

U tablici je napravljena podjela vremena prema aktivnostima koje donose vrijednost (VAT), aktivnosti koje ne donose vrijednost ali su nužne (NVAT) i aktivnosti koje predstavljaju gubitke (WT). Analiza tih aktivnosti je da dana na sljedećoj slici.

<b>UKUPNO VAT (u minutama):</b>	<b>1.710</b>
<b>UKUPNO NVAT (u minutama):</b>	<b>76.502</b>
<b>UKUPNO WT (u minutama):</b>	<b>150</b>
<b>UKUPNO (u minutama)</b>	<b>78.362</b>

**Slika 37. Analiza aktivnosti za interventno i plansko održavanje [20]**

Prema podacima prikazanim na [Slika37], dobivena je efikasnost procesa, na način da se podijeli ukupno "VAT" vrijeme sa sveukupnim zbrojem svih vremena. Pa je tako dobivena efikasnost procesa za interventno i plansko održavanje, a iznosi 2,2%. To je veoma niska efikasnost, s obzirom da je prosječna efikasnost tvrtki oko 50%, a cilj koji predlažu stručnjaci Lean održavanja, je oko 90%. Stoga su potrebna određena poboljšanja procesa, kako bi se povećala efikasnost.

Opis aktivnosti uz pripadajuća vremena za poslove investicijskog održavanja je dan u sljedećoj tablici, [Tablica 3].

**Tablica 3. Aktivnosti investicijskog održavanja na benzinskim postajama [20]**

R.broj aktivnosti	Aktivnost	Ukupno vrijeme	VAT	NVAT	WT
1	Kada se pojavi kvar na BP ispunjava se formular za prijavu kvara i faksom proslijeđuje višem komercijalistu maloprodaje	15		15	
2	Temeljem teksta prijave kvara se uz suglasnost regionalnog voditelja otvara obavijest u SAP sustavu	120			120
3	Temeljem pisane obavijesti pokušava se definirati kojoj vrsti održavanja pripada navedena obavijest (tekuće održavanje, preventivno održavanje, investicijsko održavanje)	180		180	
4	Ukoliko zatraženi radovi ili oprema nisu u djelokrugu rada održavanja (SUIIOMM) u obavijesti se napiše kratki tekst „Nije u djelokrugu rada SUIIOMM“ te se ista tehnički dovrši	2		2	
5	Za radove investicijskog održavanja pristupa se izradi Upitu za Ponudu	5		5	
6	U upitu za Ponudu definirati koje je radove potrebno izvesti te priložiti troškovnik	2880		2880	
7	Ponuda sadrži: specifikaciju radova, jedinične cijene iz Ugovora sukladno šiframa iz SAP kataloga te ukupnu cijenu iz ponudbenog troškovnika, termin početka i završetka radova. Također u Ponudi definirati odgovornu osobu za izvođenje radova	10080		10080	



R.broj aktivnosti	Aktivnost	Ukupno vrijeme	VAT	NVAT	WT
8	Pristigla Ponuda se kontrolira od strane Glavnog inženjera po svim elementima te je moguće zatražiti korekciju iste	720		720	
9	Odobrenje Ponude	120		120	
10	Kreira se ZPR6 Capex zahtjevnica u SAP sustavu tako što se navedeno iskaže vrijednosno preko SAP šifri	30		30	
11	Odobrenje ZPR6 Capex zahtjevnice	720		720	
12	Za odobrenu ZPR6 Capex zahtjevnicu kreira se dispozicija u SAP sustavu i ista faksom dostavlja izvoditelju	1440		1440	
13	Pristupa se izvođenju radova sukladno zakonskoj regulativi te dobivenoj dispoziciji.	21600	21600		
14	Nadzor izvođenja radova vrši se sukladno troškovniku radova, tehničkoj dokumentaciji, važećim propisima, standardima, tehničkim normativima, internim propisima i pravilnicima naručitelja i pravilima struke	10800		10800	
15	Prilikom izvođenja radova je moguće utvrditi da je potrebno izvršiti dodatne radove (isti se nisu mogli predvidjeti prilikom izrade Ponude, ili su neophodni radi potreba funkcioniranja poslovnog procesa)	120		120	
16	Troškovnik mora sadržavati sve dodatne stavke koje su utvrđene da ih je potrebno / poželjno izvršiti	2880		2880	
17	Ponuda sadrži: specifikaciju radova, jedinične cijene iz Ugovora sukladno šiframa iz SAP kataloga te ukupnu cijenu iz ponudbenog troškovnika, termin završetka radova.	2880		2880	
18	Pristigla Ponuda za dodatne radove se kontrolira od strane Glavnog inženjera po svim elementima te je moguće zatražiti korekciju iste	1440		1440	
19	Ponuda se odobrava od strane Glavnog inženjera, Direktora SUIIOMM te Direktora SRMMIUI	120		120	
20	Kreira se ZPR6 Capex zahtjevnica u SAP sustavu	15		15	
21	Odobrenje ZPR6 Capex zahtjevnice	720		720	
22	Za odobrenu ZPR6 Capex zahtjevnicu za dodatne radove kreira se dispozicija u SAP sustavu i ista faksom dostavlja izvoditelju	1440		1440	
23	Pristupa se izvođenju radova sukladno zakonskoj regulativi te dobivenoj dispoziciji.	7200	7200		
24	Nadzor izvođenja dodatnih radova vrši se sukladno troškovniku radova, tehničkoj dokumentaciji, važećim propisima, standardima, tehničkim normativima, internim propisima i pravilnicima naručitelja i pravilima struke	4320		4320	
25	PPZ2 (primopredajni zapisnik) mora sadržavati: obračun po objektu s točno specificiranim količinama i cijenama radova, materijala, rezervnih dijelova, kilometara, sati rada; Ovjerenе dnevnike radova, građevnu knjigu, prijevoznicu, otpremnicu / ovjeren radni nalog s BP; Dokumentaciju i sve one izmjene i dopune koje su potpisali ovlaštени predstavnici i odobrile odgovorne osobe.	43200		43200	

R.broj aktivnosti	Aktivnost	Ukupno vrijeme	VAT	NVAT	WT
26	Pristigli Obračun PPZ2 se kontrolira od strane Glavnog inženjera po svim elementima te je moguće zatražiti korekciju iste	2880		2880	
27	Potpisivanje PPZ2 od strane Glavnog inženjera, Direktora SUIIOMM te odgovorne osobe od strane Izvoditelja	2880		2880	
28	Za investicijsko održavanje za koje u SAP sustavu postoji dispozicija unosi se SES i/ili MIGO (primka) za potvrdu izvedenih radova (ZPR6), a broj unosa se upisuje na PPZ2. ZPR6 Capex zahtjevnica se tehnički dovršava u SAP sustavu	10		10	
29	U SAP sustavu se vrši odobrenje SES-a i/ili MIGA.	720		720	
30	Račun se dostavlja u Službu ulaznih računa	21600		21600	
<b>UKUPNO:</b>		<b>141.137</b>	<b>28.800</b>	<b>112.217</b>	<b>120</b>

U tablici je napravljena podjela vremena, kao i kod interventnog i planskog održavanja, prema aktivnostima koje donose vrijednost (VAT), aktivnosti koje ne donose vrijednost ali su nužne (NVAT) i aktivnosti koje predstavljaju gubitke (WT). Kako je u literaturi [20], odakle su preuzeti podaci, napomena kako je investicijsko održavanje prisutno samo s udjelom od 10% u cjelokupnom radu Službe održavanja i kako nije napravljena analiza rezultata i nisu dani prijedlozi poboljšanja, u ovom je radu ipak izračunata efikasnost procesa i iznosi 2,04%. Što se tiče poboljšanja procesa investicijskog održavanja, u nastavku rada se podrazumijevaju poboljšanja procesa interventnog i planskog održavanja kao djelomična poboljšanja investicijskog održavanja jer se određene aktivnosti podudaraju sa aktivnostima investicijskog održavanja.

#### **5.4.5. Podaci o predloženim poboljšanjima za proces održavanja benzinskih postaja [20]**

U ovom dijelu rada je dan prijedlog mogućih poboljšanja, prema [20], za proces održavanja benzinskih postaja. Analizom vremena u procesu održavanja se utvrdilo kako 97,8% aktivnosti pripada vrsti aktivnosti koje ne donose vrijednost, a primjer takvih aktivnosti su npr. čekanja na dostavu i odobrenje Ponude i Primopredajnih zapisnika (PPZ2), čekanja na dovršenje radova održavanja, odnosno na popravak.

Poboljšanja u obliku smanjenja vremena koja se troše na izradu dokumenata kao što su Upit za ponudu, Troškovnik i Ponudu nije uvijek moguće jer takve poslove uglavnom obavlja jedna osoba (npr. glavni inženjer), a on mora dovršiti prije započet posao. Kada se radi o planskim radovima (preventivni pregledi, redoviti servisi opreme i instalacija, ispitivanja i redovni poslovi održavanja koji se moraju obaviti prema zakonskim regulativama, izvođenje sezonskih preventivnih pregleda i čišćenja (mjernih uređaja, instalacija i opreme, sustava grijanja, hlađenja i ventilacije, ličenje rubnjaka i objekata i slično)), moguće je iskustveno odrediti kada će se koja aktivnost procesa odvijati, te tako detaljno isplanirati cijeli proces i osigurati da sve osobe budu dostupne kada je to potrebno. Time bi se povećala efikasnost procesa jer bi se eliminirala čekanja za izradu tipskih upita za ponudu i troškovnika te njihovo odobrenje. Navedena predložena poboljšanja se odnose na aktivnosti pod rednim brojem 13 do 15 u tablici [2] .

Smanjenje vremena za popravke koje može izvesti djelatnik Grupe za operativno održavanje, odnosno Interni izvoditelj, se može provesti na način da se kreira popis svih potrebnih alata, materijala i rezervnih dijelova, definira točan broj osoba za svaku aktivnost procesa, približna vremena i troškovi i na taj način da se izbjegnu nepotrebni gubici. Dobro bi bilo napraviti analizu svih kvarova i planskih radova, usporediti ih kako bi se ustanovila kritična mjesta koja se pojavljuju u svakom od njih, te ih, ako je moguće smanjiti ili ukloniti. Pomoću takvih analiza iskustveno definirati određenu količinu i vrstu materijala i rezervnih dijelova koje djelatnici Grupe za održavanje mogu imati u svojim servisnim vozilima koja bi tad predstavljala mala pokretna skladišta, i time bi se smanjilo vrijeme odlaska na udaljena skladišta po materijal i rezervne dijelove. Navedena poboljšanja se odnose na aktivnosti pod rednim brojem 9 u tablici [2].

Na smanjenje vremena čekanja za odobrenje dokumenata (PM01 radnog naloga – internog ili vanjskog, PM03 radnog naloga te SES-a) kojima se naručuju radovi, teško je utjecati jer je za dovršavanje tih aktivnosti potrebno da su svi odobravatelji (direktori Službi i Sektora) dostupni u svakom trenutku kada su navedeni dokumenti izrađeni. Dio navedenoga je moguće napraviti za planske radove tako što bi se aktivnosti za obavljanje istih unaprijed terminski odredili, a samim tim bi se znalo i točno vrijeme za izradu i odobrenje pripadajućih dokumenata. Navedena poboljšanja se odnose na aktivnosti pod rednim brojem 8, 20, 21, 23 i 26 u tablici [2].

Na vremena čekanja na izradu Ponuda i Primopredajnih zapisnika ovisi ažurnost izvoditelja, te bi se smanjenje vremena čekanja za dostavu tih dokumenata trebalo postići definiranjem ugovornih obveza prilikom izrade Ugovora sa izvoditeljima radova s ciljem da svako odstupanje od ugovorenih termina bude financijski kažnjivo. Navedeno poboljšanje se odnosi na aktivnost pod rednim brojem 19.

U nastavku rada, u sljedećoj tablici [4], je dan prikaz poboljšanja za interventno i plansko održavanje, prema kojima će se izmijeniti simulacijski model za klasični pristup održavanju kako bi se izradio Lean pristup održavanju.

Tablica 4. Aktivnosti interventnog i planskog održavanja (Poboljšano) [20]

R.broj aktivnosti	Aktivnost	Ukupno vrijeme	VAT	NVAT	WT
1	Kada se pojavi kvar na BP ispunjava se formular za prijavu kvara i faksom proslijeđuje višem komercijalistu maloprodaje	15		15	
2	Temeljem teksta prijave kvara se uz suglasnost regionalnog voditelja otvara obavijest u SAP sustavu	0			0
3	Temeljem pisane obavijesti pokuša se definirati kojoj vrsti održavanja pripada navedena obavijest (interventno održavanje, plansko održavanje)	60		60	
4	Ukoliko zatraženi radovi ili oprema nisu u djelokrugu rada održavanja (SUIIOMM) u obavijesti se napiše kratki tekst „Nije u djelokrugu rada SUIIOMM“ te se ista tehnički dovrši	2		2	
5	Za radove koji imaju karakter interventnog i planskog održavanja a mogu ih izvršiti djelatnici Grupe za operativno održavanje kreira se PM01 radni nalog (interni radni nalog za podizanje robe sa skladišta).  Ukoliko radove ne mogu izvršiti djelatnici Grupe za operativno održavanje a isti pripadaju interventnom ili planskom održavanju kreira se PM01 radni nalog-vanjski gdje se u dugom tekstu operacije koliko je moguće detaljnije opišu radovi koje je potrebno izvršiti, materijal i/ili rezervni dijelovi koje je potrebno zamijeniti	10		10	
6	Prije odobrenja moguće je zatražiti korekciju teksta radnog naloga	0			0
7	Odobrenje PM01 radnog naloga (internog) ili vanjskog koji se faksom dostavlja izvoditelju	150		150	
8	Za odobreni PM01 (interni) radni nalog rezervacija za materijal se prikazuje voditelju skladišta u SAP sustavu.  Odobreni PM01 radni nalog za interventno i plansko održavanje šalje se faksom izvoditelju	300		300	
9	Djelatnik Grupe za operativno održavanje podiže materijal sa skladišta i vrši popravak i zamjenu dijelova na odgovarajućem objektu / opremi na BP te ispunjava radni nalog s opisom izvršene usluge i zamijenjenim materijalom ili rezervnim dijelom. Radni nalog se ovjerava na BP te se radni nalog tehnički dovršava	720	720		
10	Za odobreni PM01 radni nalog koji je faksom dostavljen izvoditelju pristupa se izvođenju radova sukladno zakonskoj regulativi	180	180		



R.broj aktivnosti	Aktivnost	Ukupno vrijeme	VAT	NVAT	WT
11	Nadzor izvođenja radova vrši se sukladno troškovniku radova, tehničkoj dokumentaciji, važećim propisima, standardima, tehničkim normativima, internim propisima i pravilnicima naručitelja i pravilima struke	80		80	
12	Prilikom izvođenja radova je moguće utvrditi da je potrebno izvršiti dodatne radove (isti se nisu mogli predvidjeti prilikom odobrenja PM01, ili su neophodni radi potreba funkcioniranja poslovnog procesa)	120		120	
13	Troškovnik mora sadržavati sve dodatne stavke koje su utvrđene da ih je potrebno / poželjno izvršiti	60		60	
14	Ponuda sadrži: specifikaciju radova, jedinične cijene iz Ugovora sukladno šiframa iz SAP kataloga te ukupnu cijenu iz ponudbenog troškovnika, termin završetka radova.	30		30	
15	Pristigla Ponuda za dodatne radove se kontrolira od strane Glavnog inženjera po svim elementima te je moguće zatražiti korekciju iste	360		360	
16	Ponuda se odobrava od strane Glavnog inženjera, Direktora SUIIOMM te Direktora SRMMIUI	120		120	
17	Pristupa se izvođenju radova sukladno zakonskoj regulativi	90	90		
18	Nadzor izvođenja dodatnih radova vrši se sukladno troškovniku radova, tehničkoj dokumentaciji, važećim propisima, standardima, tehničkim normativima, internim propisima i pravilnicima naručitelja i pravilima struke	60		60	
19	PPZ2 (primopredajni zapisnik) mora sadržavati: obračun po objektu s točno specificiranim količinama i cijenama radova, materijala, rezervnih dijelova, kilometara, sati rada; Ovjerene dnevničke radova, građevnu knjigu, prijevoznicu, otpremnicu / ovjeren radni nalog s BP; Dokumentaciju i sve one izmjene i dopune koje su potpisali ovlašteni predstavnici i odobrile odgovorne osobe.	14400		14400	
20	Pristigli Obračun PPZ2 se kontrolira od strane Glavnog inženjera po svim elementima te je moguće zatražiti korekciju iste	1440		1440	
21	Potpisivanje PPZ2 od strane Glavnog inženjera, Direktora SUIIOMM te odgovorne osobe od strane Izvoditelja	300		300	
22	Temeljem potpisanog PPZ2 potrebno je za radove interventnog i planskog održavanja kreirati PM03 radni nalog za već izvedene radove	15		15	
23	Odobrenje PM03 radnog naloga za već izvedene radove	240		240	

R.broj aktivnosti	Aktivnost	Ukupno vrijeme	VAT	NVAT	WT
24	Za odobreni PM03 kreira se dispozicija u SAP sustavu i ista faksom dostavlja izvoditelju za već izvedene radove	300		300	
25	Za radove interventnog i planskog održavanja (PM03) unosi se SES i/ili MIGO (primka) za potvrdu izvedenih radova, a broj unosa se upisuje na PPZ2. PM03 radni nalog se tehnički dovršava u SAP sustavu	10		10	
26	U SAP sustavu se vrši odobrenje SES-a i/ili MIGA.	720		720	
27	Račun se dostavlja u Službu ulaznih računa	7200		7200	
UKUPNO:		26.982	990	25.992	0

Prema podacima iz tablice [4], napravljena je analiza vremena, podjelom na VAT, NVAT i WT vremena, kao što je prikazano na sljedećoj slici.

<b>UKUPNO VAT (u minutama):</b>	990
<b>UKUPNO NVAT (u minutama):</b>	25.992
<b>UKUPNO WT (u minutama):</b>	0
<b>UKUPNO (u minutama)</b>	<b>26.982</b>

**Slika 38. Analiza aktivnosti za interventno i plansko održavanje(Poboljšano) [20]**

Analizom vremena za poboljšano stanje, izračunata je efikasnost poboljšanog procesa održavanja, i iznosi 3,7%. To je pokazatelj da je došlo do poboljšanja, ali to je i dalje nizak postotak, pa je u budućnosti potrebno taj proces još poboljšati, koliko god je to moguće.

## 5.5. Izrada modela

Prema prikupljenim podacima, koji su predhodno navedeni, odlučeno je da će se izrada simulacijskog modela temeljiti na definiranju aktivnosti, tj. procesa za koje su zaduženi ili koji spadaju pod djelokrug odjela i osoba koje imaju direktnu vezu sa procesom održavanja koji se analizira.

Pa se tako, izrada simulacijskog modela procesa održavanja može podijeliti na izradu i povezivanje aktivnosti za :

- Benzinsku postaju,
- Šefa benzinske postaje,
- Administrativni odjel,
- SUIIOM odjel i Glavnog inženjera,
- Direktora,
- odjel Nabave,
- sve Izvoditelje radova održavanja,
- i Odjel za ulazne račune.

Izradi modela se pristupilo na način, da se najprije definiralo koji se pokretni objekti izmjenjuju između objekata koji predstavljaju aktivnosti, i koji će se objekti iz biblioteke vrsta primijeniti za simuliranje aktivnosti, odnosno, procesa i na koji će se način ostvariti izmjena pokretnih objekata između njih.

Takvim pristupom izradi simulacijskog modela, odlučeno je koji će se elementi simulacijskog modela, na koji način i kojim objektima iz biblioteke vrsta izraditi:

- svi formulari i obrasci, odnosno dokumenti koji se razmjenjuju između osoba i odjela izrađeni su pomoću pokretnog objekta "Entitet", kojima je iz osnovnog, kreiran novi izgled kako bi sličili komadu papira sa tekstom, u različitim bojama za svaki tip dokumenta koji se koristi u modelu, te im je definiran određeni naziv,
- procesi ili aktivnosti su izrađeni pomoću objekta toka materijala "Paralelni proces", jer ga se može koristiti i za prikaz jednostrukog i višestrukog procesa jednostavnim unosom broja procesa u njegovim postavkama,

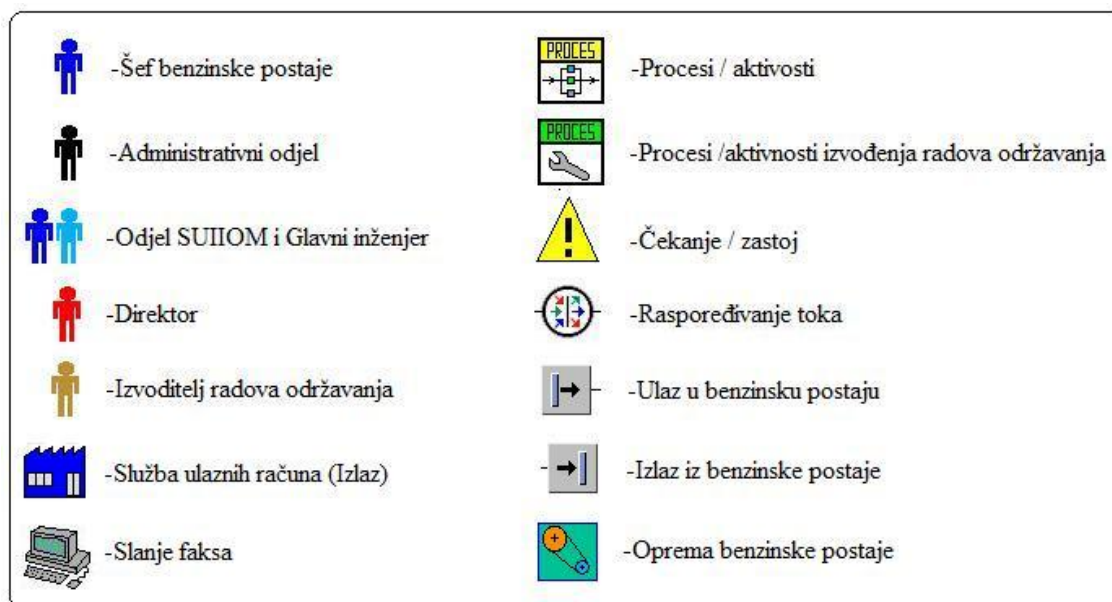


- procesi ili aktivnosti koji su se koristili samo kao simboličan prikaz odjela ili osoba su izrađeni pomoću objekta toka materijala ili objekta radnog okvira (ukoliko se sastoje od više podelemenata), kojima je promjenjen izgled u simbole koji predstavljaju osobe ili odjele,
- procesi ili aktivnosti koji predstavljaju obradu pokretnih objekata bez njihove promjene, odnosno na kojima isti tip dokumenta ulazi i izlazi, povezani su primjenom objekta toka materijala "Veza" s kojim su kreirane linije povezivanja,
- procesi ili aktivnosti koji predstavljaju obradu pokretnih objekata sa njihovom promjenom, odnosno koji simbolično predstavljaju obradu jednog tipa dokumenata, a izdavanje drugog tipa, povezani su korištenjem objekta "Veza" uz korištenje objekta "Metoda" u kojem je definirano ponašanje u slučajevima različitih tipova dokumenata koji dolaze, korištenjem programskog jezika SimTalk,
- procesi koji predstavljaju određena čekanja, ili stvaranja zaliha, koja se inače najčešće dešavaju između dva procesa od koji predhodni vremenski traje kraće, izrađeni su korištenjem objekta "Međusprennik" i kojemu je također izgled promjenjen,
- za određene procese koji simbolično predstavljaju određene osobe ili odjele a vrše promjene ulaznih i izlaznih objekata, također se koristi objekt "Metoda", te za slanje pokretnih objekata(dokumenata) na više izlaza koji iz njih izlaze, koristio se objekt "Raspoređivanje toka" u čijim se postavkama nalazi tablica u kojoj se unesu svi dokumenti koji izlaze i na koji izlaz moraju izaći,

U nastavku teksta je dan opis svih elemenata koji su se koristili prilikom kreiranja simulacijskog modela za primjer procesa održavanja benzinskih postaja. U opisu izrade simulacijskog modela u ovom tekstu će se sve aktivnosti vezane uz prijavu i otklanjanje kvarova, odnosno poslove održavanja na benzinskim postajama odnositi na poslove održavanja jedne benzinske postaje. Što znači da se za kreiranje modela u obzir uzeo i broj od deset benzinskih postaja, pa je za, na primjer kreiranje pokretnih objekata sve bilo potrebno ponoviti deset puta.

### 5.5.1. Osnovni gradivni elementi simulacijskog modela

Osnovni objekti za kreiranje procesa ili aktivnosti, odnosno gradivni elementi simulacijskog modela koji su izrađeni, odnosno prilagođeni za potrebe izrade ovog simulacijskog modela su prikazani na sljedećoj slici.



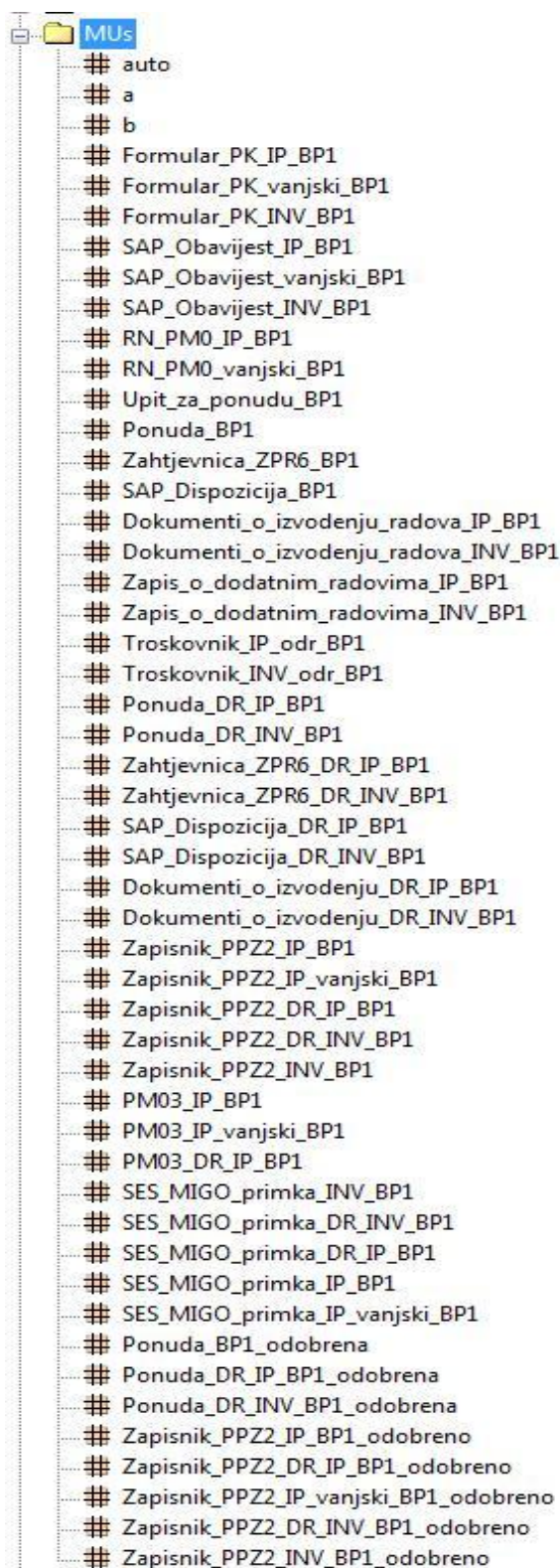
Slika 39. Osnovni gradivni elementi simulacijskog modela

### 5.5.2. Kreiranje pokretnih objekata za prikaz dokumentacije

Za potrebe kreiranja ovog primjera simulacijskog modela korišteni su pokretni objekti vrste "Entitet" koji se nalaze u biblioteci vrsta. Njihovo kreiranje se obavlja jednostavnim dupliciranjem osnovnog objekta "Entitet", kojemu se zatim promjeni naziv i izgled pokretanjem opcije za uređivanje izgleda (eng. "edit icon").

Kako je bilo potrebno u simulaciji prikazati izmjene više različitih dokumenata između objekata koji predstavljaju osobe i odjele, kreirano je više objekata tipa "Entitet" kojima su potom dani pripadajući nazivi i izgled.

Kako izgleda prikaz pokretnih objekata u biblioteci vrsta nakon što su oni kreirani za jednu benzinsku postaju, prikazano je na sljedećoj slici.



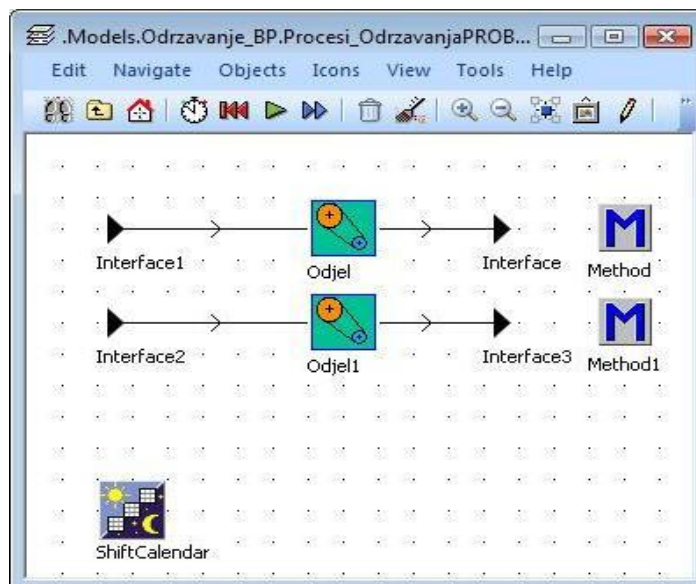
**Slika 40. Korištenje pokretnih objekata za simuliranje dokumentacije**

### 5.5.3. Kreiranje objekata za prikaz procesa/aktivnosti

Korištenjem predhodno opisanih gradivnih elemenata, odnosno objekata kreirani su djelovi strukture modela za svaki odjel ili osobu koji su odgovorni za obavljanje pojedinih poslova vezanih za proces održavanja benzinskih postaja.

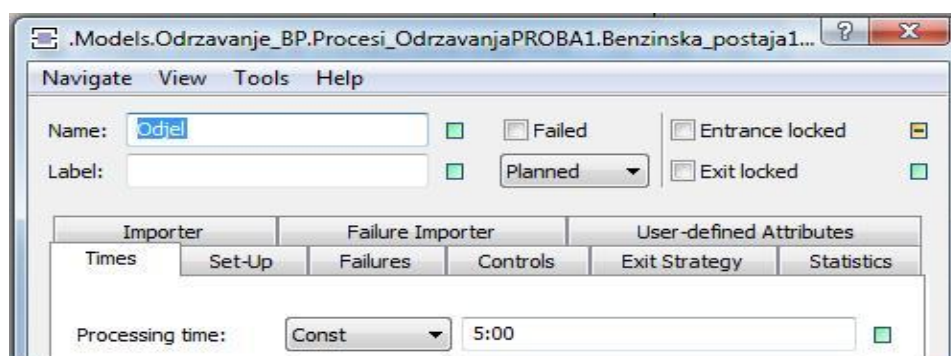
#### 5.5.3.1. Izrada modela za benzinsku postaju

Model benzinske postaje je kreiran prije svega kako bi generirao kvarove, odnosno tražio pokretanje postupka održavanja. Stoga se model benzinske postaje izradio korištenjem odvojenog radnog okvira kojeg se nazvalo "Benzinska postaja 1" i kojemu je izrađen izgled prikaza u glavnom radnom okviru u obliku simbola za benzinsku postaju. Sadržaj radnog okvira benzinske postaje se sastoji od dva objekta koji predstavljaju djelove opreme koji svaki za sebe procesuiraju pokretne objekte, koji su u slučaju benzinske postaje nazvani "auto" i čiji izgled simbolizira automobil koji ulazi i izlazi iz benzinske postaja nakon određenog vremena. Prilikom rada, za svaki dio opreme je definirana pojava kvarova. Prilikom pojave kvara, pomoću metode se poziva na prijavu kvara pomoću drugog radnog okvira u sklopu modela benzinske postaje. Kako izgleda sadržaj radnog okvira "Benzinska postaja1" prikazano je na sljedećoj slici.



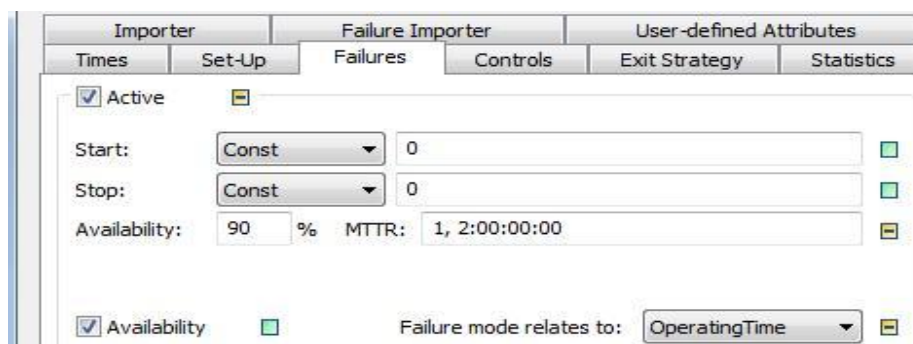
**Slika 41. Kreiranje sadržaja radnog okvira- Benzinska postaja 1**

Vrijeme procesuiranja, kao i ostale postavke svih sličnih objekata, moguće je definirati kada se desnim "klikom" miša označi objekt. Tada se otvori prozor sa postavkama, u kojemu se definiraju postavke, ponašanja objekta, te primjene raznih kontrola ili metoda. Za objekte koji predstavljaju opremu, definirana su vremena procesuiranja pokretnih objekata, što u ovom slučaju simbolizira, npr. točenje goriva. Prozor za definiranje postavki u kojemu je definirano vrijeme procesuiranja je prikazn na sljedećoj slici.



**Slika 42. Definiranje postavki objekta- vrijeme procesuirana benzinske postaje**

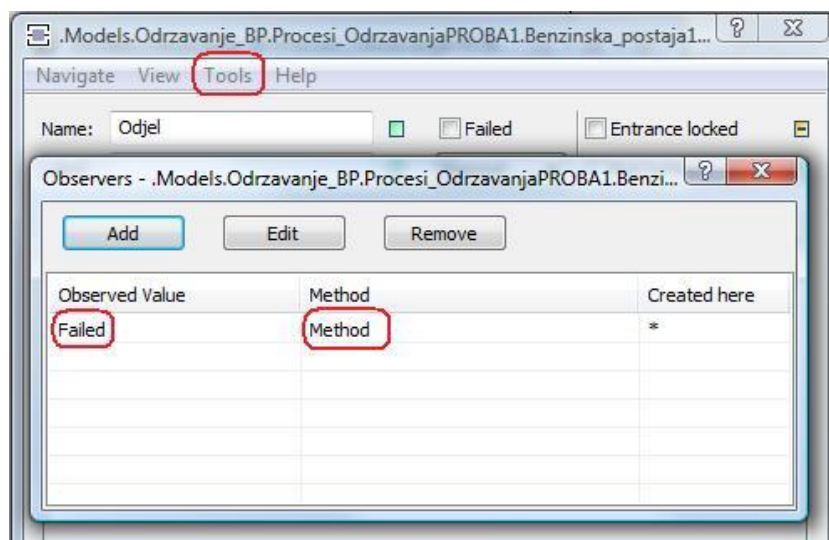
U prozoru postavki odabrano je i korištenje generiranja kvarova pomoću definiranja dostupnosti(eng. "availability") i vremena trajanja poravka (eng. "mean time to repair-MTTR"). Dio prozora postavki u kojemu je odabrano korištenje generiranja kvarova je prikazano na sljedećoj slici.



**Slika 43. Definiranje postavki objekta-korištenje generiranja kvarova**

Kako bi se omogućilo kreiranje formulara prijave kvara koje se odvija u drugom radnom okviru "Šef\_BP1" koji spada u model benzinske postaje, potrebno je definirati korištenje metode i senzora koji će pokretati tu metodu i metodu za kreiranje formulara u drugom radnom okviru.

Korištenje senzora, koji služi kao okidač za pokretanje metode, je moguće odabrati jednostavnim odabirom izbornika "Tools" u prozoru postavki u kojemu se zatim odabere korištenje senzora, tj. promatrača (eng. "Observers"). Nakon toga se otvara prozor u kojemu se definira koju karakteristiku ili stanje objekta se želi promatrati, a koje će predstavljati senzor, te se zatim odabere koju metodu će on pokretati. Na sljedećoj slici je dan prikaz kako izgleda odabrani senzor za stanje da li je objekt u kvaru ili nije (eng. "Failed") i kako je odabrana metoda "Method".

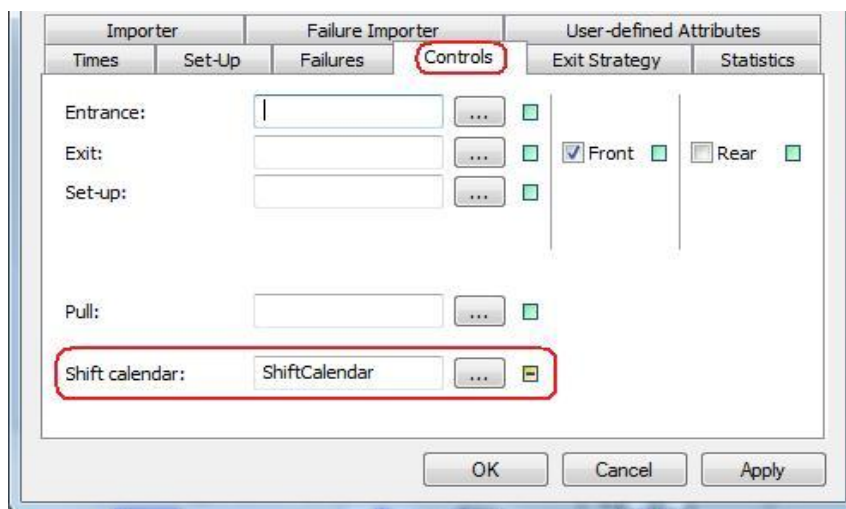


**Slika 44. Definiranje postavki objekta-korištenje metode**

Drugi način pokretanja neke metode je također izvediv u prozoru postavki na način da se u dijelu za kontrole (eng. "Control") definira koja će se metoda pokrenuti. U tom je dijelu moguće definirati da li će se metoda pokretati kada pokretni objekt uđe ili kada izađe sa objekta za koji se definira korištenje metode.



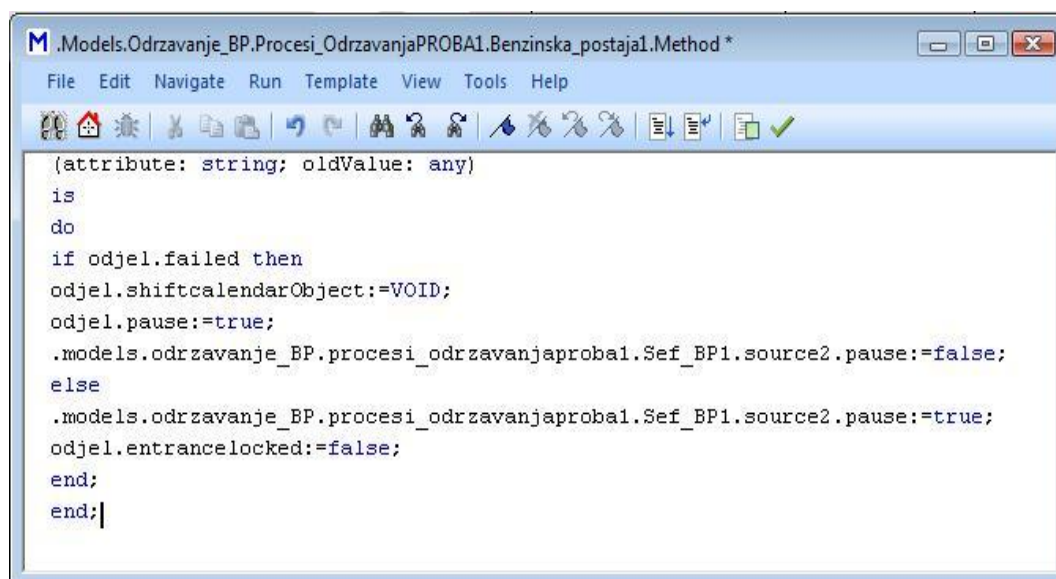
U dijelu prozora postavki koji se odnosi na kontrole, moguće je definirati i korištenje objekta "Kalendar smjena" u kojemu se predhodno u tabličnom obliku definiralo trajanje smjena. Izgled prozora postavki prilikom odabira korištenja objekta "Kalendar smjena" je dan na sljedećoj slici.



**Slika 45. Definiranje postavki objekta-radne smjene**

Nakon što se definira na koji način i kada će se metoda pokretati, kao što je predhodno opisano, potrebno ju je i definirati, odnosno programirati. Na sljedećoj slici je dan prikaz kako izgleda definirana metoda koja se pokreće u slučaju kada je objekt koji predstavlja opremu benzinske postaje u kvaru.

Primjenom programskog jezika SimTalk napravljan je kratki program metode kojom ona kada je objekt u kvaru najprije briše korištenje kalendara smjena, pošto on postavlja i miče stanje pauze objektu, a to se ne želi kada objekt mora simulirati kvar sve dok ga se ne popravi nakon određenog koraka izvođenja simulacije. Zatim, metoda postavlja stanje pauze na objekt i miče stanje pauze na objektu "Izvor" koji se nalazi u radnom okviru "Šef\_BP2" koji kreira formular prijave kvara, nakon čega sljedeći ostatak simulacije, tj. taj formular "putuje" objekt koji predstavlja slanje faksom i na ostale objekte simulacijskog modela koji će biti ukratko opisani u nastavku teksta.



**Slika 46. Definiranje postavki objekta-programiranje metode za simuliranje kvara**

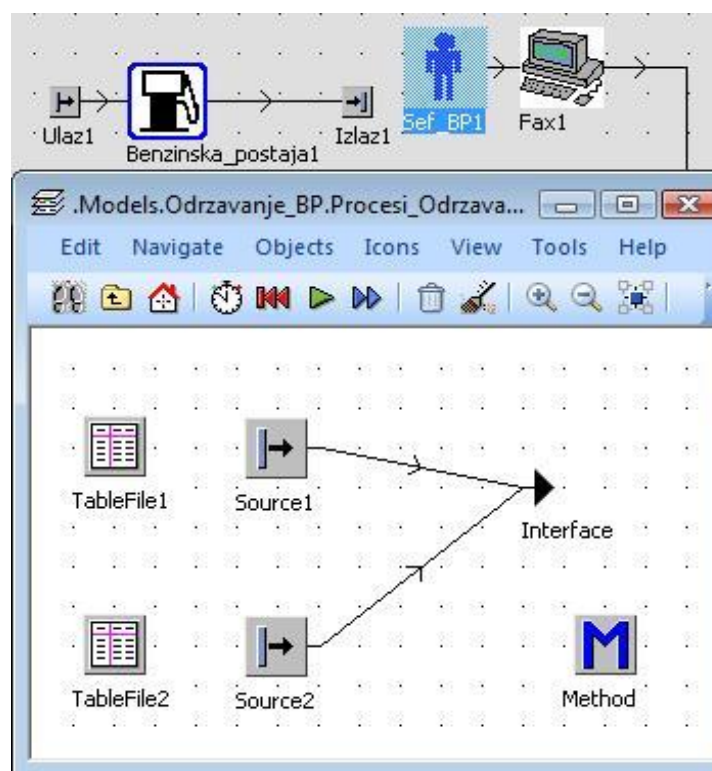
U sklopu modela koji predstavlja benzinsku postaju kreiran je dodatni radni okvir pod nazivom "Šef\_BP1" koji predstavlja aktivost slanja prijave kvara od strane šefa benzinske postaje. Sadržaj tog okvira se sastoji od dva objekta tipa "Izvor" koji svaki za sebe kreiraju pokretne objekte koji predstavljaju formulare prijave kvara.

Prvi objekt, pod nazivom "Source1" kreira dva tipa formulara za interventno i plansko održavanje, prvi za internog, a drugi za vanjskog izvođača. Drugi objekt pod nazivom "Source2" kreira samo jedan tip formulara, i to za investicijsko održavanje.

Za svaki izvor je definirano korištenje tablice u kojima je moguće definirani udjele, koliko kojih formulara treba kreirati po prijavi kvara prilikom generiranja kvara u radnom okviru "Benzinska postaja 1". Objekt metode koja se koristi u ovom radnom okviru služi tome da pauzira rad izvora nakon svakog kreiranja prijave kvara, kako bi se osiguralo kreiranje po jednog formulara za svaku prijavu kvara.

Izgled sadržaja radnog okvira "Šef\_BP1" je dan na sljedećoj slici.

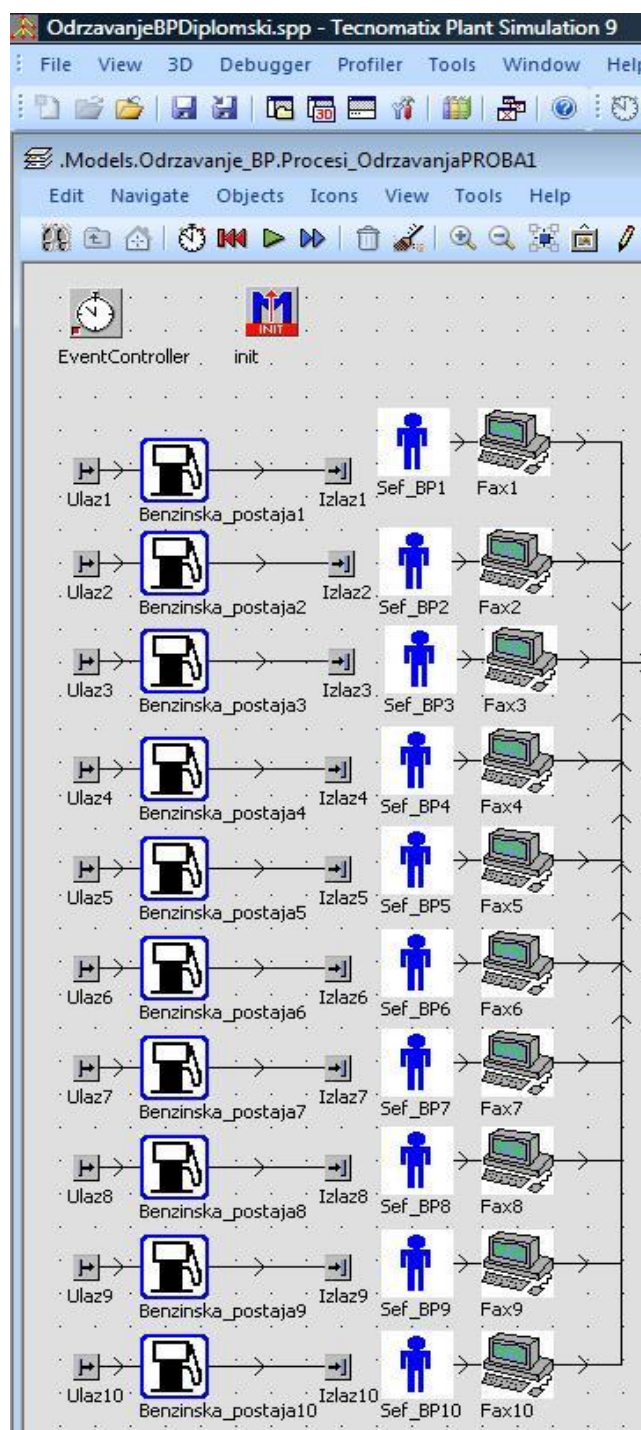




**Slika 47. Kreiranje sadržaja radnog okvira- Šef benzinske postaje 1**

Kreiranje opisanog modela benzinske postaje ponovljeno je deset puta, kao bi predstavljalo uzorak od deset benzinskih postaja za koje se analizira proces održavanja.

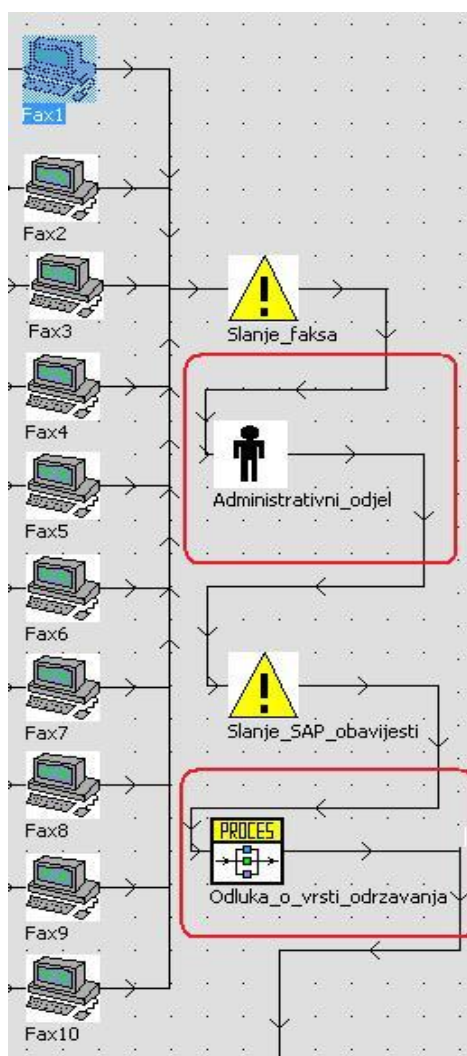
Konačan izgled modela sa svim benzinskim postajama je dan na sljedećoj slici.



Slika 48. Model benzinskih postaja

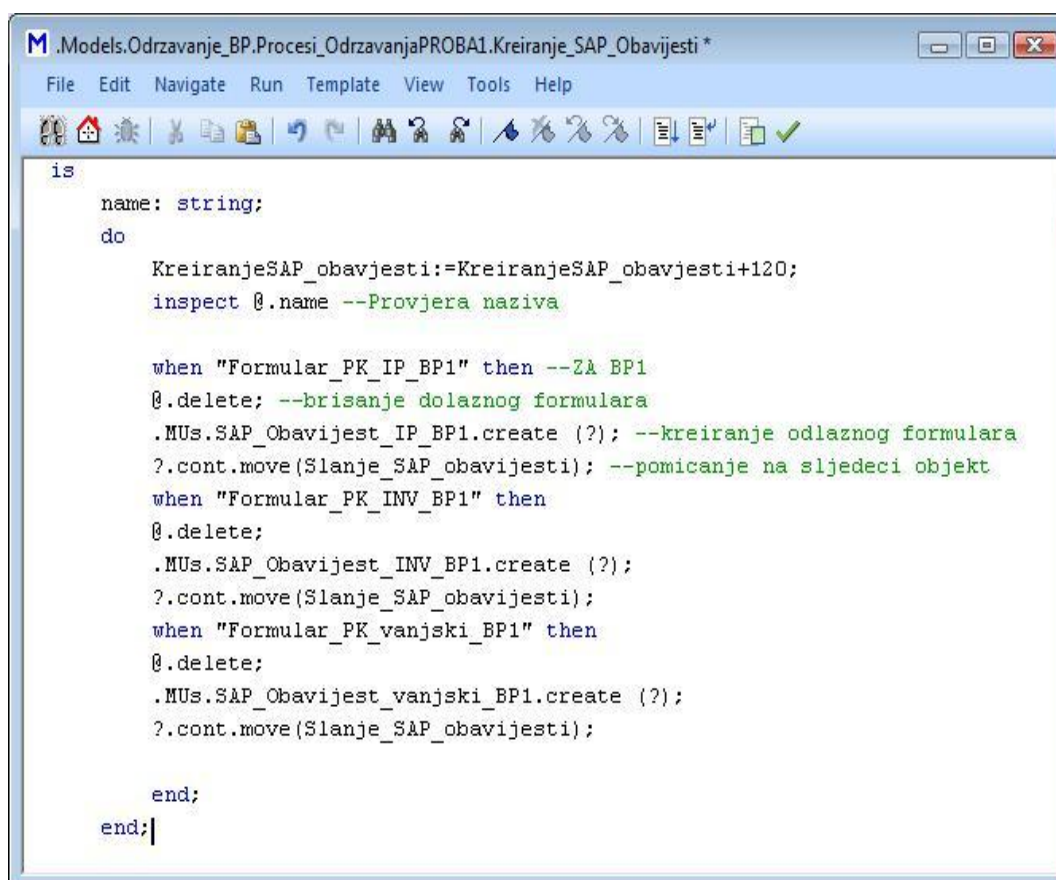
### 5.5.3.2. Izrada modela za Administrativni odjel

Pokretni objekti koji predstavljaju formular prijave kvara, a koji su kreirani na benzinskoj postaji, pristižu faksom u Administrativni odjel. Stoga je kreiran i pripadajući model. Kako ne bi došlo do blokiranja u radu simulacije korišten je objekt "Međusprennik" koji predstavlja čekanje, tj. zalihe pristiglih dokumenata između slanja faksa i obrade na objektu "Administrativni odjel" i objekta "Odluka o vrsti održavanja" koji pripada djelokrugu odjela SUIIOM i Glavnog inženjera. Na sljedećoj slici je dan prikaz modela Administrativnog odjela.



Slika 49. Model Administrativnog odjela

U prozoru postavki objekta Administrativni odjel definirano je vrijeme procesuiranja kako je definirano u prikupljenim podacima i korištenje metode za pretvaranje dolaznih objekata formulara u objekte koji predstavljaju SAP obavijesti koje se prosljeđuju do odjela SUIIOM ili Glavnom inženjeru. Na sljedećoj slici je dan prikaz programskog koda u kojemu je definirano ponašanje objekta Administrativni odjel u ovisnosti koji formular je pristigao na obradu.

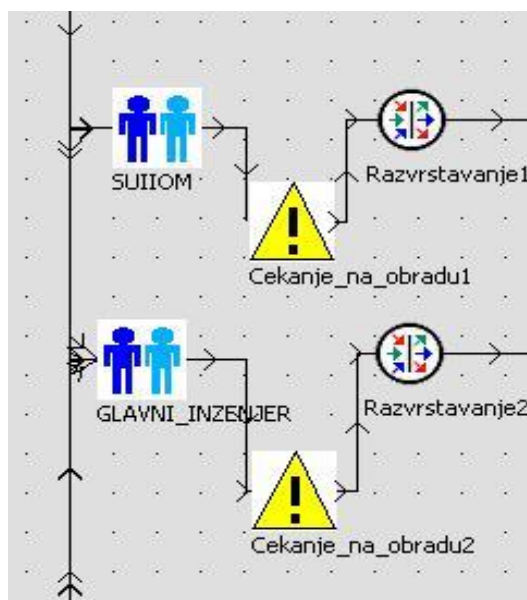


**Slika 50. Definiranje postavki objekta-programiranje metode za Administrativni odjel**

Nakon kreiranja, objekti koji predstavljaju SAP obavijesti za potrebe izvođenje radova interventnog i planskog održavanja ili investicijskog održavanja, odlaze na objekte koji pripadaju modelu odjela SUIIOM i Glavnog inženjera.

### 5.5.3.3. Izrada modela za odjel SUIIOM i Glavnog inženjera

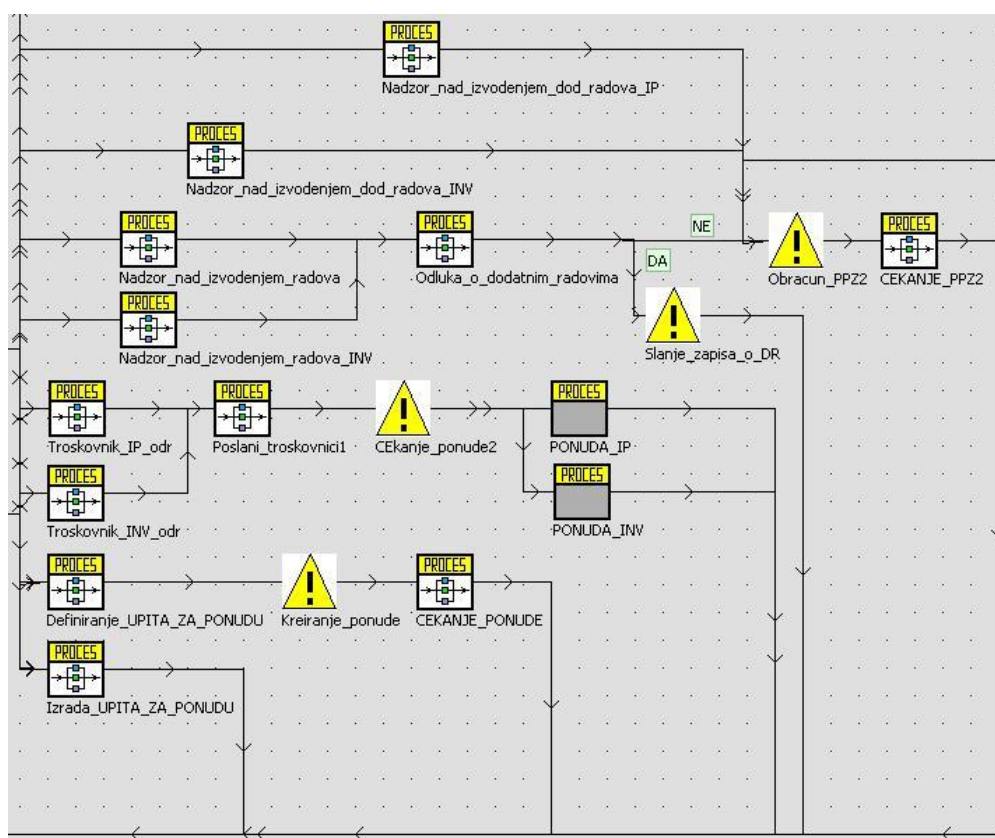
Objekti koji predstavljaju SAP obavjesti pristižu na objekte koji su kreirani u sklopu modela za odjel SUIIOM i Glavnog inženjera. Za ulazni dio modela kreirani su objekti koji simbolički predstavljaju odjel SUIIOM i Glavnog inženjera, što znači da njima nije definirano vrijeme procesuiranja, ali je definirano korištenje metoda kojima se definira rukovođenje dokumentacijom koja pristiže u model ili iz njega izlazi. Izlazni tok dokumentacije je kontroliran od starane objekata pod nazivom "Razvrstavanje 1 i 2", a između objekata je kreiran objekt koji predstavlja čekanje na obradu, odnosno određenu zalihu dokumentacije koja još nije obrađena. Izgled ulaznog dijela modela za odjel SUIIOM i Glavnog inženjera je dan na sljedećoj slici.



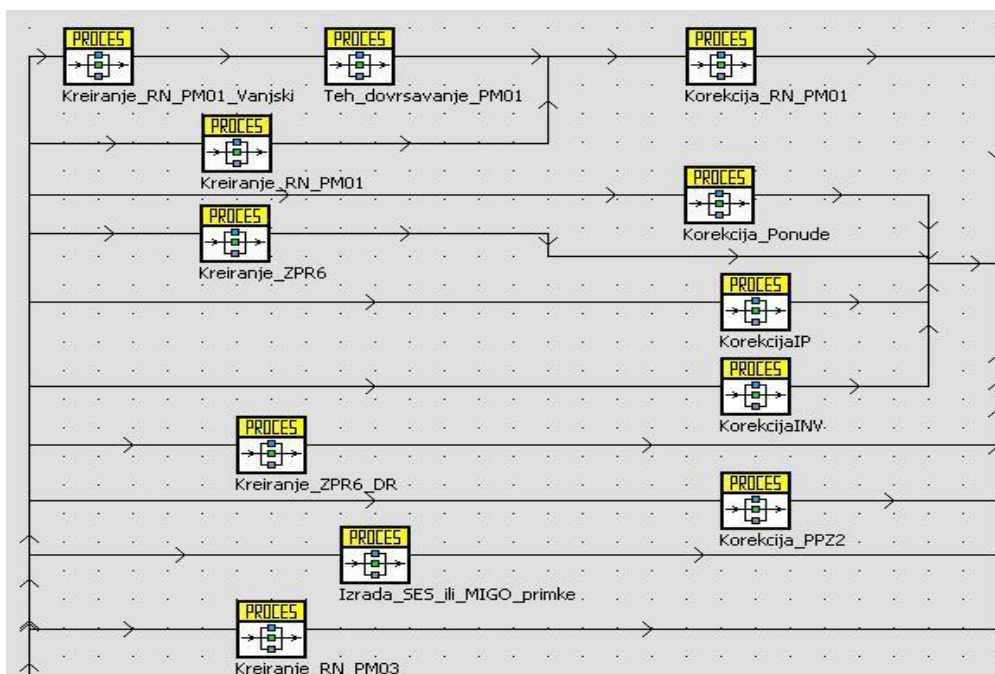
**Slika 51. Ulazni dio modela za SUIIOM i Glavnog inženjera**

Izlazni dio modela za odjel SUIIOM i Glavnog inženjera je izrađen pomoću objekata "Paralelni proces" koji predstavljaju procese, tj. aktivnosti koje obavljaju djelatnici odjela SUIIOM i Glavni inženjer. Za svaki objekt je u prozoru postavki definirano vrijeme procesuiranja prema vremenima navedenim u dijelu prikupljanja podataka. Za neke objekte koji jedan tip dokumenata pretvaraju u drugi, definirano je korištenje metoda. Izgled izrađenog izlaznog dijela modela je prikazan na sljedeće dvije slike.



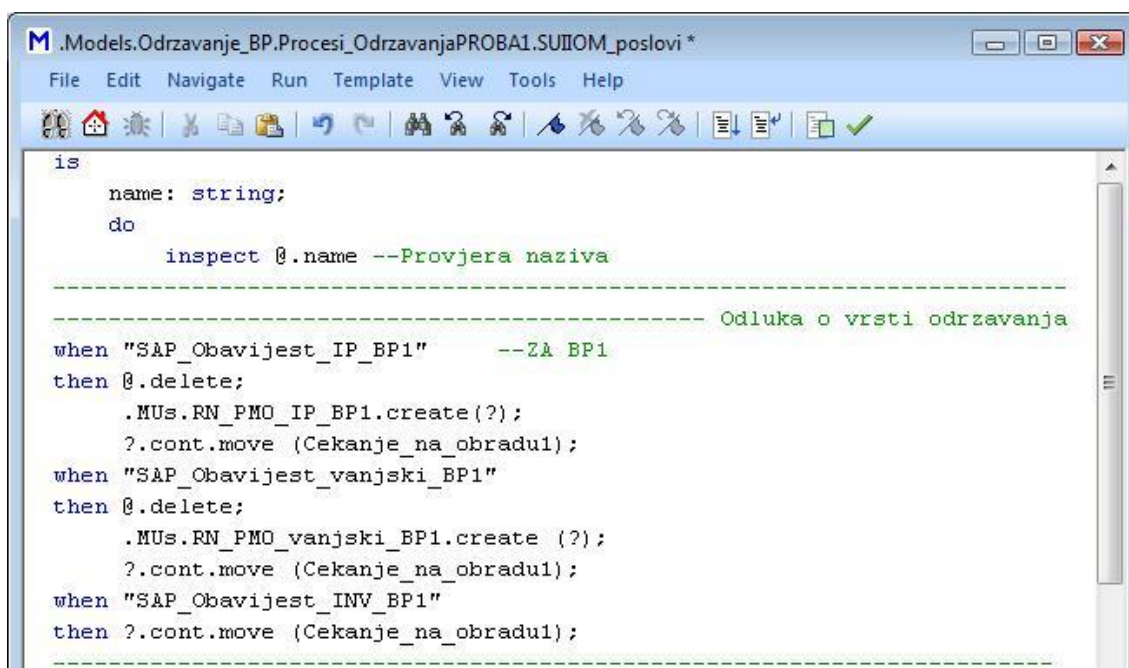


Slika 52. Izlazni dio modela za SUIOM i Glavnog inženjera-prvi dio



Slika 53. Izlazni dio modela za SUIOM i Glavnog inženjera-drugi dio

Za objekt SUIIOM, pošto obavlja zaprimanje jednog tipa dokumenata, a izdaje i prosljeđuje druge tipove, kreirana je metoda u kojoj su definirana pravila prema kojima vrši takvu obradu. U programskom kodu je uz ta pravila definirano i da ih prosljeđuje na objekt "Raspoređivanje 1" na kojemu se onda vrši odlučivanje gdje koji dokument odlazi. U nastavku je dano nekoliko slika koje predstavljaju djelove programskog koda za određene aktivnosti za koje je zadužen odjel SUIIOM.



Slika 54. Definiranje metode za SUIIOM- odluka o vrsti održavanja

```
----- Upit za ponudu
when    "Upit_za_ponudu_BP1"
then    ?.cont.move(Cekanje_na_obradu1);

----- Korekcija ponude
when    "Ponuda_BP1"
then    ?.cont.move(Cekanje_na_obradu1);

----- Kreiranje ZPR6 zahtjevnice
when    "Ponuda_BP1_odobrena"
then    @.delete;
        .Mus.Zahtjevnica_ZPR6_BP1.create(?);
        ?.cont.move(Cekanje_na_obradu1);
```

**Slika 55. Definiranje metode za SUIOM- definiranje upita za ponudu**

```
----- Upit za ponudu
when    "Upit_za_ponudu_BP1"
then    ?.cont.move(Cekanje_na_obradu1);

----- Korekcija ponude
when    "Ponuda_BP1"
then    ?.cont.move(Cekanje_na_obradu1);

----- Kreiranje ZPR6 zahtjevnice
when    "Ponuda_BP1_odobrena"
then    @.delete;
        .Mus.Zahtjevnica_ZPR6_BP1.create(?);
        ?.cont.move(Cekanje_na_obradu1);
```

**Slika 56. Definiranje metode SUIOM-izrada ponude i ZPR6 zahtjevnice**



```
----- Nadzor: Interventno i plansko održavanje:Vanjski izvodac
when      "RN_PMO_vanjski_BP1"
then      @.delete;
           .Mus.Dokumenti_o_izvođenju_radova_IP_BP1.create (?);
           ?.cont.move(Cekanje_na_obradu1);

----- Nadzor:Investicijsko održavanje

when      "SAP_Dispozicija_BP1"
then      @.delete;
           .Mus.Dokumenti_o_izvođenju_radova_INV_BP1.create (?);
           ?.cont.move(Cekanje_na_obradu1);

----- Izrada troškovnika IP

when      "Zapis_o_dodatnim_radovima_IP_BP1"
then      @.delete;
           .Mus.troškovnik_IP_odr_BP1.create (?);
           ?.cont.move(Cekanje_na_obradu1);

----- Izrada troškovnika INV

when      "Zapis_o_dodatnim_radovima_INV_BP1"
then      @.delete;
           .Mus.troškovnik_INV_odr_BP1.create (?);
           ?.cont.move(Cekanje_na_obradu1);
```

**Slika 57. Definiranje metode SUHOM-nadzor poslova i izrada troškovnika**

```

----- Korekcija ponuda za DR
----- Dodatni radovi:IP održavanje
when      "Ponuda_DR_IP_BP1"
then      ?.cont.move(Cekanje_na_obrađul);

----- Dodatni radovi:INV održavanje
when      "Ponuda_DR_INV_BP1"
then      ?.cont.move(Cekanje_na_obrađul);

----- Kreiranje ZPR6_DR
----- Dodatni radovi:INV
when      "Ponuda_DR_INV_BP1_odobrena"
then      @.delete;
           .Mus.Zahtjevnica_ZPR6_DR_INV_BP1.create (?);
           ?.cont.move(Cekanje_na_obrađul);

```

Slika 58. Definiranje metode SUIOM-izrada ponude i ZPR6 za dodatne radove

```

----- Korekcija PPZ2
when      "Zapisnik_PPZ2_IP_BP1"      --(IP) Interventno i plansko održavanje
then      ?.cont.move(Cekanje_na_obrađul);

-----
when      "Zapisnik_PPZ2_DR_IP_BP1"    --Dodatni radovi (DR_IP)
then      ?.cont.move(Cekanje_na_obrađul);

-----
when      "Zapisnik_PPZ2_IP_vanjski_BP1" --IP održavanje (Vanjski izv)
then      ?.cont.move(Cekanje_na_obrađul);

-----
when      "Zapisnik_PPZ2_DR_INV_BP1"    --Dodatni radovi (DR_INV)
then      ?.cont.move(Cekanje_na_obrađul);

-----
when      "Zapisnik_PPZ2_INV_BP1"      --Investicijsko održavanje
then      ?.cont.move(Cekanje_na_obrađul);

```

Slika 59. Definiranje metode SUIOM-korekcija PPZ2 primopredajnog zapisnika

```

-----Nadzor:Dodatni radovi IP Održavanje
when      "SAP_Dispozicija_DR_IP_BP1"
then      @.delete;
           .Mus.Dokumenti_o_izvođenju_DR_IP_BP1.create (?);
           ?.cont.move(Cekanje_na_obrađul);

-----
----- Nadzor: Dodatni radovi IP Održavanje
when      "SAP_Dispozicija_DR_INV_BP1"
then      @.delete;
           .Mus.Dokumenti_o_izvođenju_DR_INV_BP1.create (?);
           ?.cont.move(Cekanje_na_obrađul);

```

Slika 60. Definiranje metode SUIOM-nadzor dodatnih poslova

```

----- Kreiranje RN_PMO3
when "Zapisnik_PPZ2_IP_BP1_odobreno" --(IP) Interventno i plansko odrz
then @.delete;
  .Mus.PMO3_IP_BP1.create(?);
  ?.cont.move(Cekanje_na_obrađu1);

-----
when "Zapisnik_PPZ2_DR_IP_BP1_odobreno" --Dodatni radovi (DR_IP)
then @.delete;
  .Mus.PMO3_DR_IP_BP1.create (?);
  ?.cont.move(Cekanje_na_obrađu1);

-----
when "Zapisnik_PPZ2_IP_vanjski_BP1_odobreno" --IP odrz (Vanjski izv)
then @.delete;
  .Mus.PMO3_IP_vanjski_BP1.create (?);
  ?.cont.move(Cekanje_na_obrađu1);

```

Slika 61. Definiranje metode SUIOM-kreiranje PM03 radnog naloga

```

----- Kreiranje SES ili MIGO
when "Zapisnik_PPZ2_DR_INV_BP1_odobreno" --Dodatni radovi (DR_INV)
then @.delete;
  .Mus.SES_MIGO_primka_DR_INV_BP1.create (?);
  ?.cont.move(Cekanje_na_obrađu1);

-----
when "Zapisnik_PPZ2_INV_BP1_odobreno" --Investicijsko održavanje
then @.delete;
  .Mus.SES_MIGO_primka_INV_BP1.create (?);
  ?.cont.move(Cekanje_na_obrađu1);

-----
when "PM03_IP_BP1" --(IP) Interventno i plansko održavanje
then @.delete;
  .Mus.SES_MIGO_primka_IP_BP1.create(?);
  ?.cont.move(Cekanje_na_obrađu1);

-----
when "PM03_DR_IP_BP1" --Dodatni radovi (DR_IP)
then @.delete;
  .Mus.SES_MIGO_primka_DR_IP_BP1.create (?);
  ?.cont.move(Cekanje_na_obrađu1);

-----
when "PM03_IP_vanjski_BP1" --IP održavanje (Vanjski izvoditelj)
then @.delete;
  .Mus.SES_MIGO_primka_IP_vanjski_BP1.create (?);
  ?.cont.move(Cekanje_na_obrađu1);

-----
end;
end;

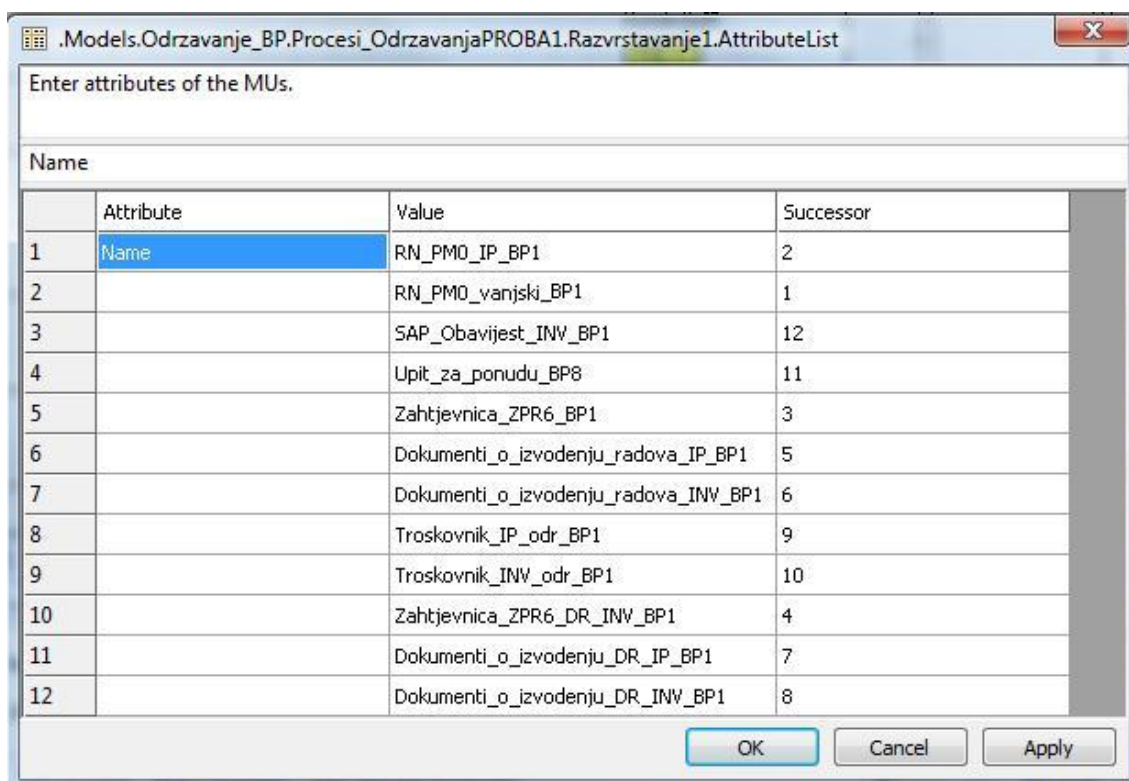
```

Slika 62. Definiranje metode SUIOM-kreiranje SES ili MIGO primke

Predhodno opisana metoda za SUIIOM se kreirala i za Glavnog inženjera uz promjenu slanja transformiranih objekata dokumenata, na objekt "Raspoređivanje 2".

Objekti "Raspoređivanje 1"(SUIIOM) i "Raspoređivanje 2"(glavni inženjer) služe za upravljanje tokom, odnosno raspoređuju distribuciju dokumenata na objekte koji predstavljaju aktivnosti za koje su zaduženi odjel SUIIOM i Glavni inženjer, a nalaze se u izlaznom dijelu modela.

Pravila prema kojima se distribuiraju dokumenti se definiraju u prozoru postavki za svaki objekt "Raspoređivanje", definiranjem tablice u kojoj se u jedan stupac unesu nazivi svih dokumenata koji pristižu od strane objekta SUIIOM ili Glavni inženjer, a u drugi stupac broj izlazne linije (eng. "successor") kojom je objekt SUIIOM ili Glavni inženjer povezan sa objektom na koji se šalje dokument. Na sljedeće dvije slike je dan izgled tako definiranih tablica za objekte "Raspoređivanje1" i "Raspoređivanje2".



Enter attributes of the MUs.

Name	Attribute	Value	Successor
1	Name	RN_PMO_IP_BP1	2
2		RN_PMO_vanjski_BP1	1
3		SAP_Obavijest_INV_BP1	12
4		Upit_za_ponudu_BP8	11
5		Zahtjevnica_ZPR6_BP1	3
6		Dokumenti_o_izvođenju_radova_IP_BP1	5
7		Dokumenti_o_izvođenju_radova_INV_BP1	6
8		Troskovnik_IP_odr_BP1	9
9		Troskovnik_INV_odr_BP1	10
10		Zahtjevnica_ZPR6_DR_INV_BP1	4
11		Dokumenti_o_izvođenju_DR_IP_BP1	7
12		Dokumenti_o_izvođenju_DR_INV_BP1	8

OK Cancel Apply

**Slika 63. Definiranje pravila raspoređivanja za objekt Raspoređivanje1**

Enter attributes of the MUs.

Name	Attribute	Value	Successor
1	Name	RN_PM0_IP_BP1	18
2		RN_PM0_vanjski_BP1	1
3		SAP_Obavijest_INV_BP1	17
4		Upit_zapponudu_BP1	16
5		Ponuda_BP1	2
6		Zahtjevnica_ZPR6_BP1	3
7		Dokumenti_o_izvođenju_radova_IP_BP1	12
8		Dokumenti_o_izvođenju_radova_INV_BP1	13
9		Troskovnik_IP_odr_BP1	14
10		Troskovnik_INV_odr_BP1	15
11		Ponuda_DR_IP_BP1	4
12		Ponuda_DR_INV_BP1	5
13		Zahtjevnica_ZPR6_DR_INV_BP1	6
14		Dokumenti_o_izvođenju_DR_IP_BP1	10
15		Dokumenti_o_izvođenju_DR_INV_BP1	11
16		Zapisnik_PPZ2_IP_BP1	7
17		Zapisnik_PPZ2_DR_IP_BP1	7
18		Zapisnik_PPZ2_IP_vanjski_BP1	7
19		Zapisnik_PPZ2_DR_INV_BP1	7
20		Zapisnik_PPZ2_INV_BP1	7
21		PM03_IP_BP1	9
22		PM03_DR_IP_BP1	9
23		PM03_IP_vanjski_BP1	9
24		SES_MIGO_primka_DR_INV_BP1	8
25		SES_MIGO_primka_INV_BP1	8
26		SES_MIGO_primka_IP_BP1	8
27		SES_MIGO_primka_DR_IP_BP1	8
28		SES_MIGO_primka_IP_vanjski_BP1	8

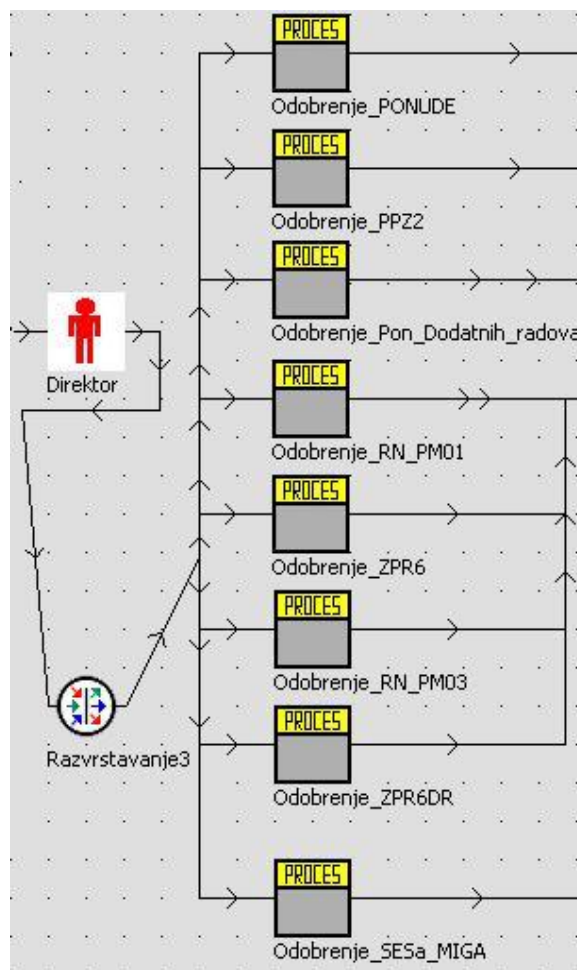
Slika 64. Definiranje pravila rapoređivanja za objekt Raspoređivanje2



#### 5.5.3.4. Izrada modela Direktora

Model sa aktivnostima koje obavlja Direktor je kreiran na isti način kao i model za SUIIOM i Glavnog inženjera, te se sastoji od ulaznog i izlaznog dijela.

Ulazni dio modela Direktora je kreiran korištenjem objekta koji simbolički prikazuje Direktora i objekta "Razvrstavanje3" za upravljanje distribucijom izlaznih dokumenata. Izlazni dio modela se sastoji od objekata koji prikazuju aktivnosti za koje je zadužen Direktor i za koje su definirana vremena procesuiranja. Izgled modela za Direktora je prikazan na sljedećoj slici.



Slika 65. Model direktora

Za aktivnosti vezane uz odobravanje radova održavanja kreiran je programski kod metode, koji je prikazan na sljedećoj slici.



**Slika 66. Definiranje metode Direktora-odobranje radova održavanja**

Za aktivnosti vezane uz odobravanje pristiglih PPZ2 primopredajnih zapisnika, PM03 radnih naloga i SES/MIGO primki, kreiran je programski kod metode koji je prikazan na sljedećim slikama.

```

-----Odobrenje PPZ2
when    "Zapisnik_PPZ2_IP_BP1"    --(IP) Interventno i plansko odrzavanje
then    ?.cont.delete;
        .Mus.Zapisnik_PPZ2_IP_BP1_odobreno.create(?);
        ?.cont.move(Razvrstavanje3);

-----
when    "Zapisnik_PPZ2_DR_IP_BP1"    --Dodatni radovi (DR_IP)
then    @.delete;
        .Mus.Zapisnik_PPZ2_DR_IP_BP1_odobreno.create(?);
        ?.cont.move(Razvrstavanje3);

-----
when    "Zapisnik_PPZ2_IP_vanjski_BP1" --IP odrzavanje (Vanjski izv)
then    @.delete;
        .Mus.Zapisnik_PPZ2_IP_vanjski_BP1_odobreno.create(?);
        ?.cont.move(Razvrstavanje3);

-----
when    "Zapisnik_PPZ2_DR_INV_BP1"    --Dodatni radovi (DR_INV)
then    @.delete;
        .Mus.Zapisnik_PPZ2_DR_INV_BP1_odobreno.create(?);
        ?.cont.move(Razvrstavanje3);

-----
when    "Zapisnik_PPZ2_INV_BP1"    --Investicijsko odrzavanje
then    @.delete;
        .Mus.Zapisnik_PPZ2_INV_BP1_odobreno.create(?);
        ?.cont.move(Razvrstavanje3);

```

Slika 67. Definiranje metode Direktora-odobravanje PPZ2 zapisnika

```

----- Odobrenje PMO3
when    "PMO3_IP_BP1"    --(IP) Interventno i plansko odrzavanje
then    ?.cont.move(Razvrstavanje3);

-----
when    "PMO3_DR_IP_BP1"    --Dodatni radovi (DR_IP)
then    ?.cont.move(Razvrstavanje3);

-----
when    "PMO3_IP_vanjski_BP1" --IP odrzavanje (Vanjski izvoditelj)
then    ?.cont.move(Razvrstavanje3);

-----
when    "SES_MIGO_primka_DR_INV_BP1"    --Dodatni radovi (DR_INV)
then    ?.cont.move(Razvrstavanje3);

-----
when    "SES_MIGO_primka_INV_BP1"    --Investicijsko odrzavanje
then    ?.cont.move(Razvrstavanje3);

-----
when    "SES_MIGO_primka_IP_BP1"    --(IP) Interventno i plansko odrzavanje
then    ?.cont.move(Razvrstavanje3);

-----
when    "SES_MIGO_primka_DR_IP_BP1"    --Dodatni radovi (DR_IP)
then    ?.cont.move(Razvrstavanje3);

-----
when    "SES_MIGO_primka_IP_vanjski_BP1" --IP odrzavanje (Vanjski izv)
then    ?.cont.move(Razvrstavanje3);

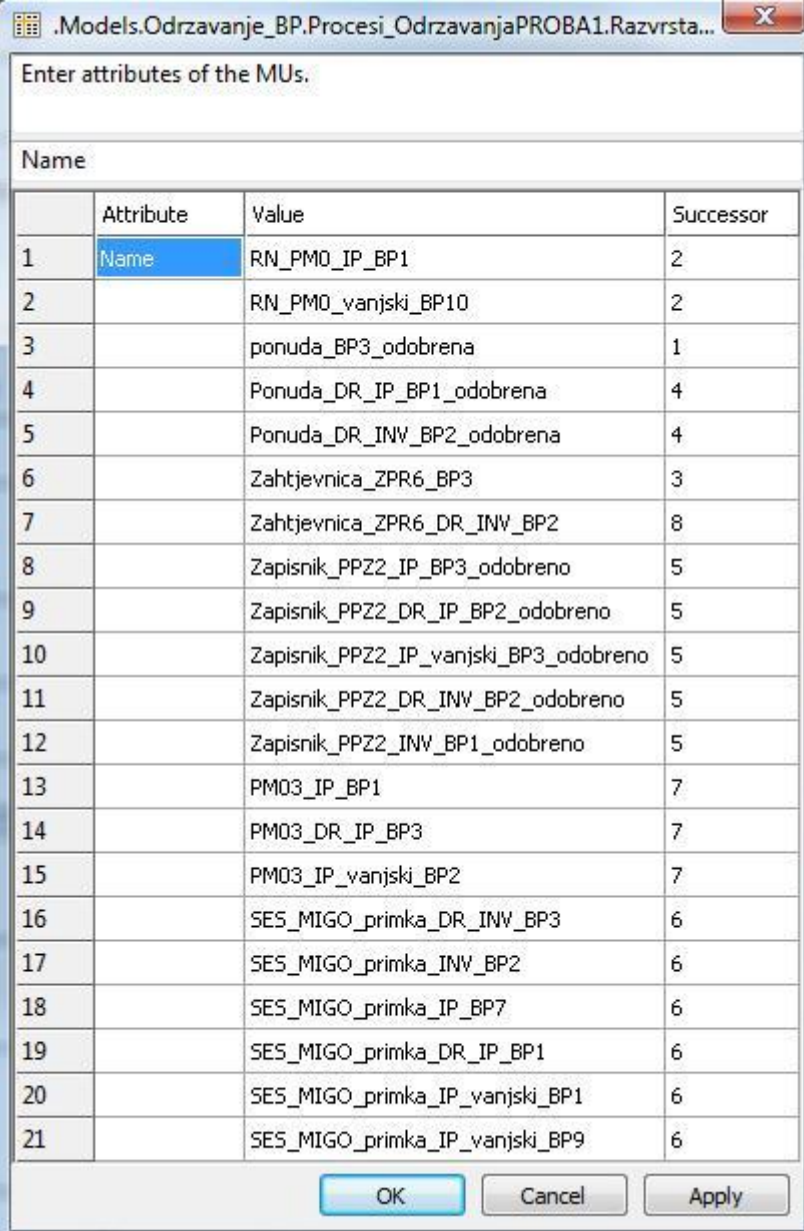
-----
end;
end;

```

Slika 68. Definiranje metode Direktora-odobravanje PMO3 i SES/MIGO



Pravila prema kojima se distribuiraju dokumenti se definiraju u prozoru postavki, kao što je već objašnjeno na primjeru izrade modela za odjel SUIIOM i Glavnog inženjera. Definirana tablica za pravila raspoređivanja distribuiranja dokumenata od strane Direktora je prikazana na sljedećoj slici.



Enter attributes of the MUs.

Name	Attribute	Value	Successor
1	Name	RN_PM0_IP_BP1	2
2		RN_PM0_vanjski_BP10	2
3		ponuda_BP3_odobrena	1
4		Ponuda_DR_IP_BP1_odobrena	4
5		Ponuda_DR_INV_BP2_odobrena	4
6		Zahtjevnica_ZPR6_BP3	3
7		Zahtjevnica_ZPR6_DR_INV_BP2	8
8		Zapisnik_PPZ2_IP_BP3_odobreno	5
9		Zapisnik_PPZ2_DR_IP_BP2_odobreno	5
10		Zapisnik_PPZ2_IP_vanjski_BP3_odobreno	5
11		Zapisnik_PPZ2_DR_INV_BP2_odobreno	5
12		Zapisnik_PPZ2_INV_BP1_odobreno	5
13		PM03_IP_BP1	7
14		PM03_DR_IP_BP3	7
15		PM03_IP_vanjski_BP2	7
16		SES_MIGO_primka_DR_INV_BP3	6
17		SES_MIGO_primka_INV_BP2	6
18		SES_MIGO_primka_IP_BP7	6
19		SES_MIGO_primka_DR_IP_BP1	6
20		SES_MIGO_primka_IP_vanjski_BP1	6
21		SES_MIGO_primka_IP_vanjski_BP9	6

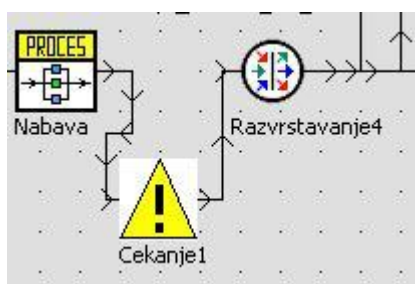
OK Cancel Apply

**Slika 69. Definiranje pravila rapoređivanja za objekt  
Raspoređivanje3**

#### 5.5.3.5. Izrada modela Nabave

Sljedeći po redu model za izradu je bio odjel Nabave koji obavlja aktivnosti rezervacije materijala i rezervnih dijelova za obavljanje radova održavanja od strane izvođača i bilježenje promjena stanja na zalihama istih.

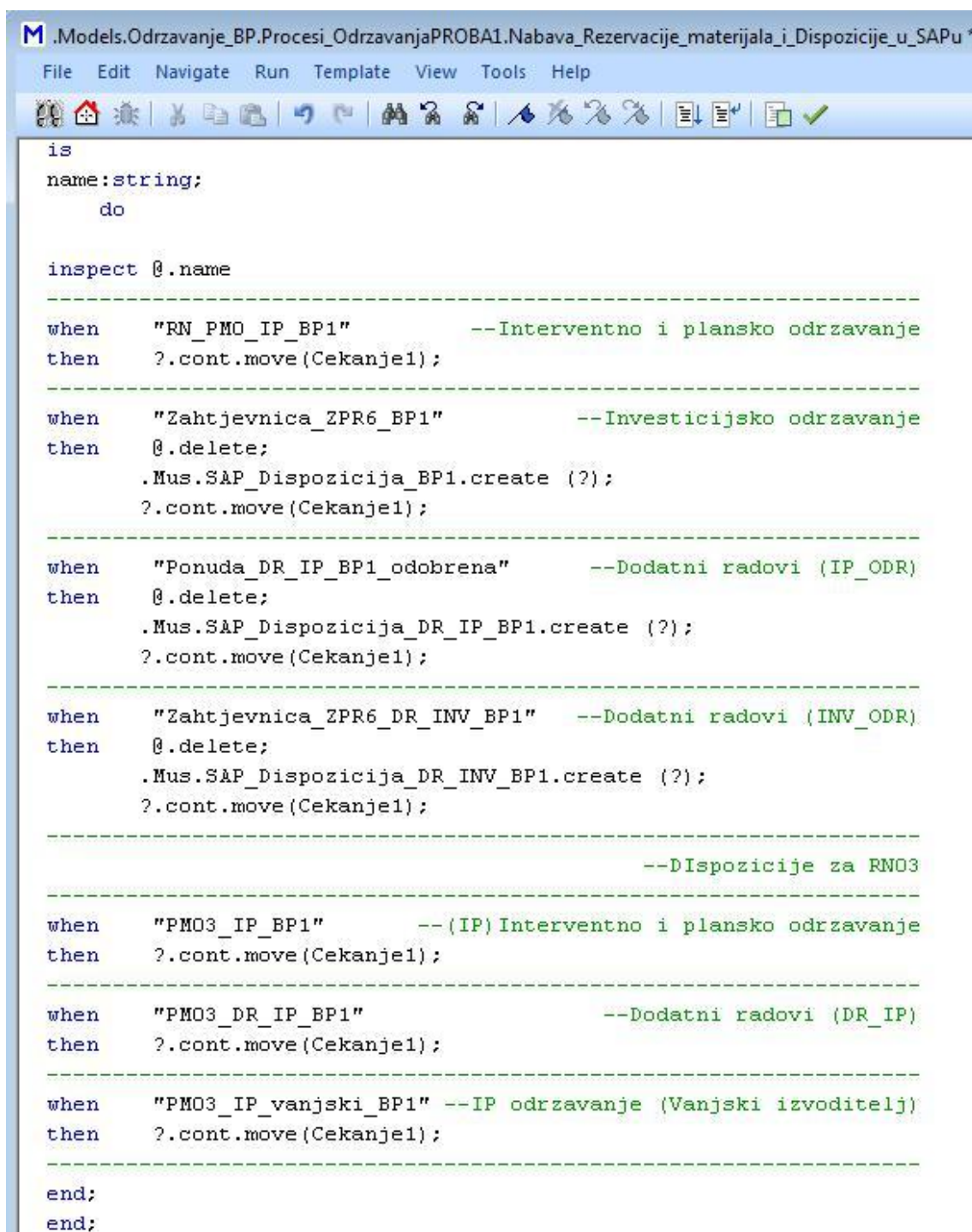
Model Nabave je kreiran od objekta "Paralelni proces" u kojemu je definirano vrijeme potrebno za obavljanje poslova rezervacije materijala, objekta "Međuspremnik" koji predstavlja čekanje da se materijali podignu sa skladišta, i objekta "Razvrstavanje4" kojim se raspoređuje izlazni tok iz objekta "Nabava". Izgled kreiranog modela Nabave je prikazan na sljedećoj slici.



**Slika 70. Model Nabave**

Objekt "Nabava" obavlja transformaciju ulaznih tipova dokumentacije u druge tipove izlazne dokumentacije, pa je stoga i za taj objekt bilo potrebno u prozoru postavki označiti korištenje metode. Kreirana je metoda izradom programskog koda kojim se definiraju pravila prema kojim se ulazni tipovi dokumenata poput radnih naloga, ponuda i zahtjevnica pretvaraju u izlazne dokumente SAP dispozicija.

Izgled programskog koda kojim je definirana metoda Nabave prikazan na sljedećoj slici.



Slika 71. Definiranje metode Nabava

Uz definiranje metode Nabave, bilo je potrebno definirati pravila distribuiranja izlaznih dokumenata na objektu "Razvrstavanje4", koje se obavilo na isti način kao i za sve predhodno opisane objekte "Razvrstavanje", definiranjem pravila u tablici. Izgled tablice sa definiranim pravilima distribuiranja izlaznih dokumenata sa modela Nabave je dan na sljedećoj slici.

Enter attributes of the MUs.

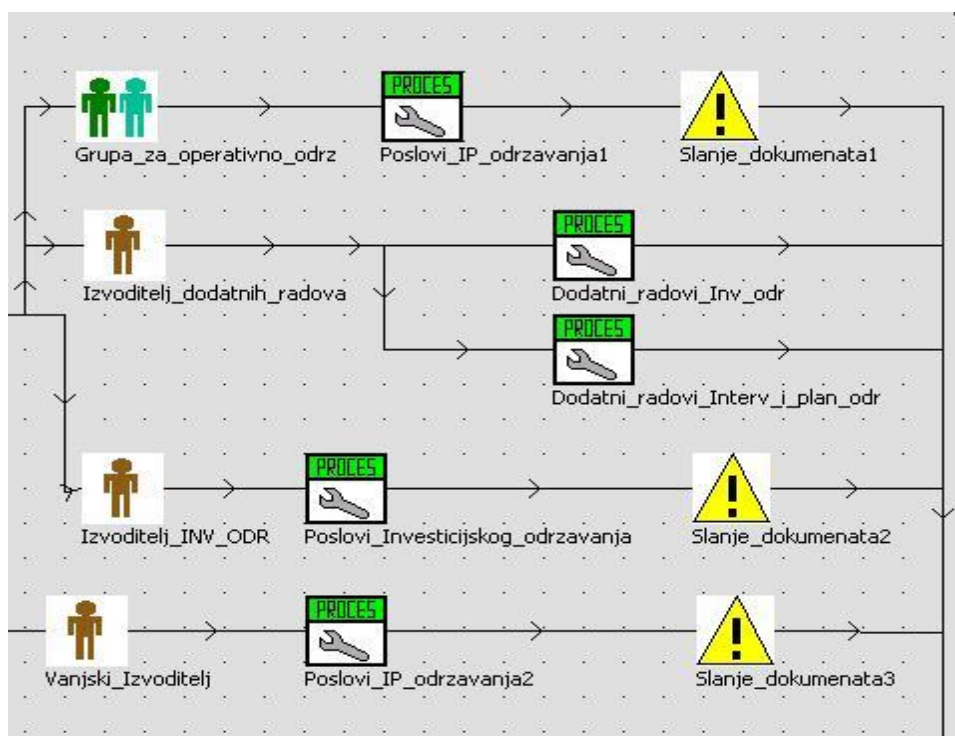
	Attribute	Value	Successor
1	Name	RN_PM0_IP_BP1	1
2		SAP_Dispozicija_BP3	3
3		SAP_Dispozicija_DR_IP_BP1	2
4		SAP_Dispozicija_DR_INV_BP9	2
5		PM03_IP_BP1	4
6		PM03_DR_IP_BP3	4
7		PM03_IP_vanjski_BP6	4

OK Cancel Apply

**Slika 72. Definiranje pravila rapoređivanja za objekt Raspoređivanje4**

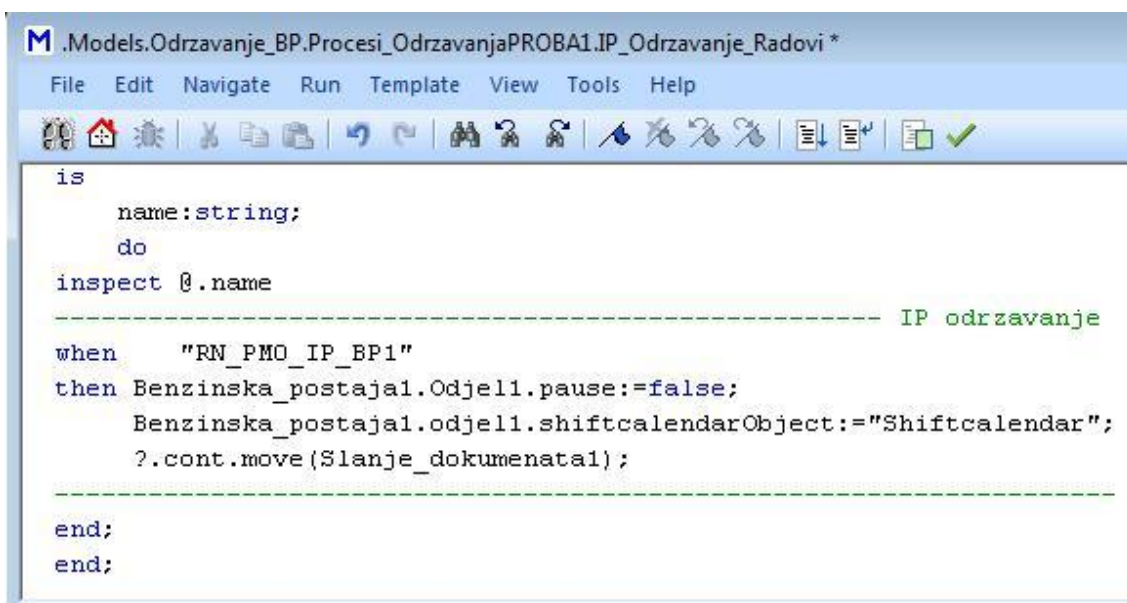
### 5.5.3.6. Izrada modela za Izvođače radova održavanja

Nakon što odjel Nabava na osnovu pristiglih dokumenata kreira dispozicije i rezervira materijale i rezervne dijelove, izvođači mogu započeti s aktivnostima vezanim uz radove održavanja benzinskih postaja. Model za Izvođače radova održavanja je kreiran pomoću objekata koji simbolički prikazuju Izvoditelje, objekata koji predstavljaju aktivnosti obavljanja radova održavanja i objekta "Međuspremnik" kao zalihe dokumenata o izvođenju radova koji se šalju odjelu SUIIOM ili Glavnom inženjeru. Izgled modela za Izvođače radova održavanja u kojemu se vide objekti koji su kreirani za svakog Izvođača, je prikazan na sljedećoj slici.



**Slika 73. Model za Izvođače radova održavanja**

Kako u ovom djelu simulacijskog modela aktivnosti održavanja moraju ukloniti kvar koji je prijavljen na benzinskoj postaji, kao što je predhodno objašnjeno, izrađene su metode za svaku aktivnost u kojima je pomoću programskog koda definirano na koji način se uklanja simulirani kvar benzinske postaje. Na sljedećoj slici je dan prikaz programskog koda otklanjanja kvara u slučaju izvođenja radova interventnog i planskog održavanja.



**Slika 74. Definiranje metode izvođenja radova interventnog i planskog održavanja**

Kako je programski kod za kreiranje kvara na benzinskoj postaji u sebi sadržavao naredbe pomoću kojih je postavljao stanje pauze na objektu "Oprema" i brisao korištenje kalendara smjena, programski kod za uklanjanje kvara koji je definiran u metodi za Izvođače mora napraviti upravo suprotno. Pa, stoga metoda miče stanje pauze sa objekta "Oprema" i vraća kontrolu korištenja kalendara smjena, te na taj način simulira uspješno obavljeno održavanje, tj. uklanjanje kvara. Kreirane su metode za svakog Izvođača radova održavanja, i to za radove interventnog i planskog održavanja koje izvodi interni izvođač (Grupa za operativno održavanje), za radove interventnog i planskog održavanja koje izvodi vanjski izvođač, za radove investicijskog održavanja i za izvođenje dodatnij radova.

#### 5.5.3.7. *Dovršavanje izrade simulacijskog modela za proces održavanja*

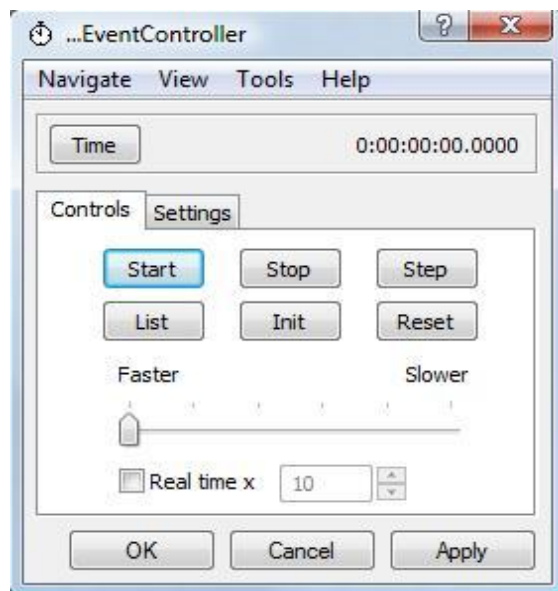
Na kraju, kada su kreirani svi pojedinačni modeli za osobe i odjele koji su direktno vezani uz obavljanje aktivnosti procesa održavanja i provjere da li je što izostavljeno, oni se korištenjem objekta "Veza" povežu crtanjem linija povezivanja u konačan simulacijski model spreman za izvođenje simulacija.



#### 5.5.4. Izvođenje simulacije

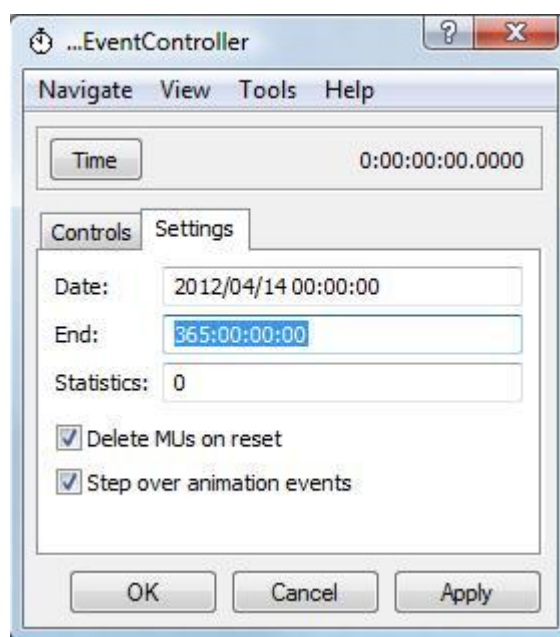
Kada je završen proces izrade i testiranja simulacijskog modela, pristupa se izvođenju simulacija prema podacima o procesu kojeg se simulira, a koji su predhodno prikupljeni. U ovom radu izvođenje simulacije je obavljeno za podatke prikupljene za klasični pristup održavanju benzinskih postaja i za podatke koji se predlažu kao poboljšanja dobivena analizom procesa prema "Vitkoj", odnosno "Lean" filozofiji. Prikupljeni podaci o vremenima trajanja aktivnosti su uneseni za svaki objekt pomoću prozora postavki tih objekata. Nakon što su uneseni svi potrebni podaci i nakon što je definirano vrijeme trajanja simulacije za koje se žele prikupiti podaci rezultata simulacije, pokreće se iteracija izvođenja simulacije za svaki pristup procesu održavanja, tj. za klasični i "Lean" pristup..

Pokretanje i upravljanje izvođenjem simulacije se izvodi pomoću objekta "Upravljanje događajima". Pomoću tog objekta na kojemu se nalaze naredbe upravljanja u obliku gumbova, moguće je pokretati, zaustavljati i izvoditi simulaciju "korak po korak" (eng. "step"). Kako izgleda objekt za upravljanje izvođenjem simulacije prikazano je na sljedećoj slici.



**Slika 75. Upravljanje izvođenjem simulacije-naredbe upravljanja**

Definiranje vremena trajanja iteracije simulacije je moguće obaviti odabrom kartice "Postavke"(eng. "Settings") u objektu "Upravljanje događajima" u kojemu se unese željeno trajanje simulacije, kao što je prikazano na sljedećoj slici. Za potrebe izvođenja simulacije za ovaj primjer, definirano je vrijeme trajanja simulacije od godine(365)dana.



**Slika 76. Upravljanje izvođenjem simulacije-definiranje trajanja simulacije**

Nakon izvođenja određenog broja iteracija simulacije za svaki pristup izvođenju procesa održavanjem prikupljeni su određeni podaci koji se analiziraju, a to je opisano u nastavku teksta.



### 5.5.5. Analiza i interpretacija rezultata

Za potrebe rada, uzet je primjer od pet iteracija simulacije za svaki tip održavanja, tj. za klasični i Lean pristup održavanju.

Primjenom alata "BottleNeck Analyzer" za otkrivanje "uskih grla" u procesu, dobiven je prijedlog koje aktivnosti postojećeg stanja, tj. klasičnog pristupa procesu održavanja predstavljaju moguća "uska grla". Na sljedećoj slici je dan prikaz jednog dijela prijedloga mogućih "uskih grla" klasičnog pristupa procesu održavanja benzinskih postaja, dobivenog korištenjem "BottleNeck Analyzerom".



**Slika 77. Bottleneck Analyzer- prijedlog mogućih "uskih grla" klasičnog pristupa procesu održavanja benzinskih postaja**

Na [Slika 77] su prikazane neke od aktivnosti klasičnog pristupa procesu održavanja, koje je alat "BottleNeck Analyzer" predložio kao "uska grla" procesa, tj. ona koja čija bi vremena trebalo, ako je ikako moguće smanjiti. Alat "BottleNeck Analyzer" prikazuje male dijagrame stanja iznad svake aktivnosti, u kojima se različita stanja prikazuju različitim bojama prikazanih stupaca. Pa tako zelena boja predstavlja udio u cjelokupnom proteklom vremenu simulacije za stanje u kojemu aktivnost obavlja rad, žuta boja stanje pauze(zastoja) radi čekanja da sljedeći proces završi, siva čekanje na rad (objekti obrade ne pristižu), plava predstavlja stanje pauze, a crvena udio vremena u kojem je aktivnost bila u stanju kvara.

Prema uputama za rad sa "BottleNeck Analyzer" alatom, aktivnosti koje se ističu sa većim udjelom rada, odnosno zelenih stupaca u dijagramu, u odnosu na ostale koje su većinom u stanjima čekanja ili zastoja (žuta ili siva), predstavljaju moguća "uska grla" procesa koji se analizira. Stoga je potrebno na temelju tih prijedloga donijeti odluku o prihvatanju prijedloga, nastaviti sa analizom i predlaganjem provođenjem poboljšanja primjenom "Vitkih"/"Lean" alata i načela, nakon čega se onda prikupljaju i analiziraju rezultati analize i predlažu daljnja moguća poboljšanja.

Kako bi se uz analizu procesa pomoću "BottleNeck Analyzer" alata i definiranja uskih grla, analizirala efikasnost procesa na način da se ukupan broj aktivnosti koje donose vrijednost (VAT) podijeli sa ukupnim zbrojem vremena svih aktivnosti( $VAT + NVAT + WT$ ), u ovom dijelu rada to nije napravljeno, jer je u predhodno opisanim prikupljenim podacima prikazana ta analiza procesa održavanja prema Lean načelima, gdje se definirala efikasnost tog procesa, pa bi se izračunate vrijednosti ponovile, pošto se radi o istom procesu analize, od istog broja i vrsta aktivnosti, odnosno istih aktivnosti tipa VAT, NVAT i WT.

Kao primjer analize i interpretacije, samo dijela drugih podataka koje bi prikupio neki menadžer koji analizira proces putem simulacije, za ovaj primjer simulacijskog modela prikupljeni su osnovni podaci na osnovu kojih se može vidjeti koliko je efektivan proces održavanja, čija je efikasnost izračunata i predhodno navedena (klasični pristup: 2,2% i Lean pristup: 3,7%). U nastavku je dan prikaz podataka koji su prikupljeni za potrebe izračuna efektivnosti pojedinih dijelova procesa održavanja, za obavljanje posla od trenutka prijave kvara do trenutka primanja računa u Službi za dolazne račune. Podaci su prikupljeni i prikazani zajedno, i za klasični i za Lean pristup održavanju.

	KLASIČNI PRISTUP	LEAN PRISTUP
Br.zahtjeva za održavanjem	125	152
Br.računa	106	140
<b>Efektivnost</b>	<b>~85%</b>	<b>~92%</b>
Br.zahtjeva za IP održavanjem_interni_izvođač	66	71
Br.radova IP održavanja	65	71
<b>Efektivnost</b>	<b>~98,48%</b>	<b>100%</b>
Br.zahtjeva za IP održav_vanjski_izvođač	15	20
Br.radova IP održavanja_vanjski_izvođač	15	20
<b>Efektivnost</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
Br.zahtjeva za INV održavanjem	44	61
Br.radova INV održavanja	41	57
<b>Efektivnost</b>	<b>93,18%</b>	<b>93,44%</b>

Slika 78. Efektivnost procesa održavanja

Uz predhodno prikupljene podatke o efektivnosti dijelova procesa održavanja, tijekom izvođenja simulacije, prikupljeni su i podaci o vremenima koja su potrebna za izvođenje radova održavanja, odnosno od trenutka prijave kvara do trenutka kada su završili radovi održavanja. U sljedećoj tablici je dan prikaz usporedbe prosječnih brzina uklanjanja kvara, odnosno prosječna vremena od trenutka prijave kvara, odnosno zahtjeva za održavanjem, do trenutka završetka izvođenja radova, što predstavlja vraćanje opreme benzinske postaje u ispravno stanje za normalan rad. U tablici je dana usporedba tih vremena za klasični i Lean pristup održavanju koji su dobiveni putem simulacijskog modela.

TIP ODRŽAVANJA	PROSJEČNA BRZINA UKLANJANJA KVARA		Smanjenje/ Povećanje
	Simulacija KLASIČNI PRISTUP	Simulacija LEAN PRISTUP	
Interventno i plansko -interni izvođač	3,3 dana $\approx$ 80 h	0,86 dana $\approx$ 20 h	- 75%
Interventno i plansko -vanjski izvođač	0,5 dana $\approx$ 12 h	0,38 dana $\approx$ 9 h	- 25%
Investicijsko održavnje	40,5 dana $\approx$ 970 h	25,4 dana $\approx$ 610 h	- 35%

Slika 79. Usporedba prosječnih brzina uklanjanja kvara-Klasično i Lean

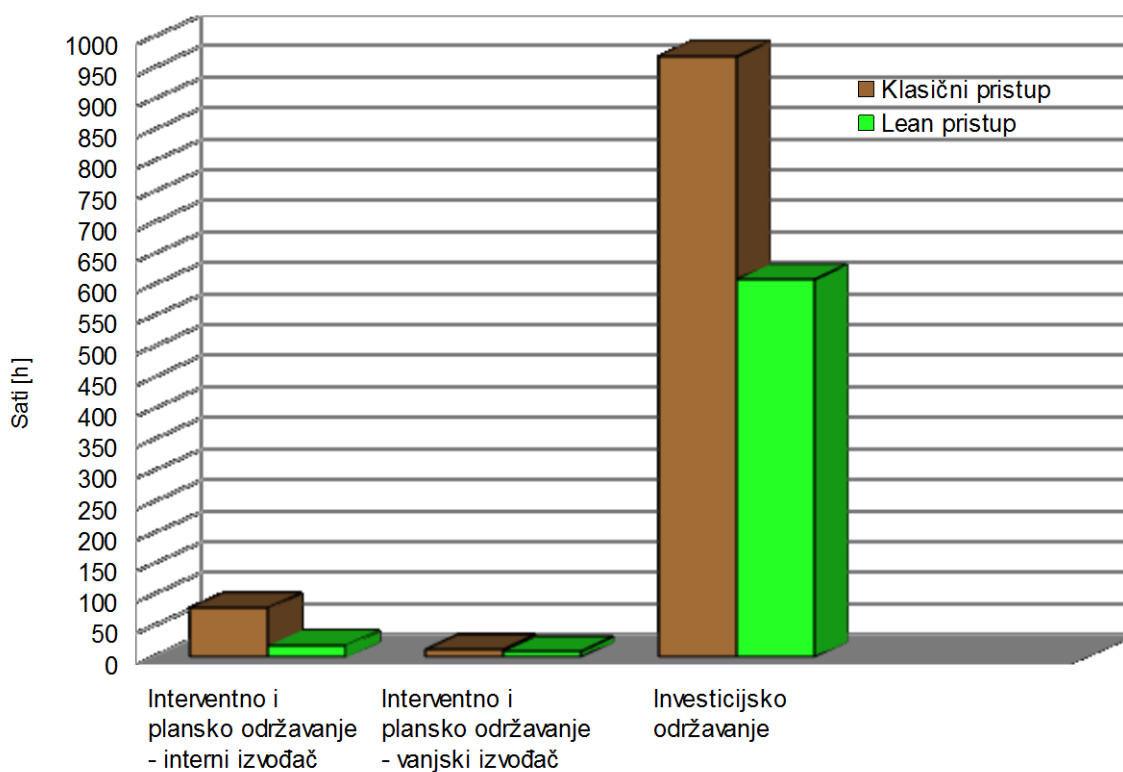
Iz podataka se, na slici [79], može vidjeti u kojoj mjeri je, prema simulacijskom modelu, Lean pristup održavanju smanjio potrebno vrijeme od trenutka prijave kvara ili zahtjeva za održavanjem, do realizacije radova održavanja, odnosno koliko se ubrzala brzina rješavanja kvara.

Vrijeme, odnosno brzina realizacije radova održavanja je smanjeno:

- za 75% kod radova interventnog i planskog održavanja kojeg obavlja interni izvođač,
- za 25% kod radova interventnog i planskog održavanja kojeg obavlja vanjski izvođač,
- za oko 35% kod radova investicijskog održavanja.

Grafički prikaz usporedbe podataka sa slike [79], je dan na sljedećoj slici, [Slika 80].

**Napomena:** Prikazana poboljšanja se ne odnose na aktivnosti nakon što su završeni radovi održavanja, odnosno odnose se samo na vremensko razdoblje "kvar-popravlak".



**Slika 80. Grafički prikaz usporedbe brzina otklanjanja kvara-Klasično i Lean**

### **5.5.6. Dokumentiranje rezultata**

U posljednjem koraku izrade simulacijskog modela, potrebno je kreirati izvještaje, opise izvedenih radova prilikom modeliranja, opise programskog koda koji se koristio i slično. Dokumentacija o izrađenom simulacijskom modelu je veoma važna za klijenta koji je naručio izradu simulacijskog modela, jer se prema njoj može lakše snalaziti tokom izvođenja, analize i poboljšavanja modela, na način koji njemu najviše odgovara.

U dokumentaciju, spadaju sva poglavlja o izradi simulacijskog modela koja su predhodno opisana, odnosno svi koraci izrade simulacijskog modela. Pa se stoga završetkom ovog poglavlja, sva predhodna (njih 7) može smatrati dokumentacijom za ovaj primjer simulacijskog modela.

## 6. ZAKLJUČAK

Reorganizacija poslovanja, odnosno uvođenje određenih poboljšanja u organizaciju, tj. poduzeće, predstavlja zahtjevan posao za menadžera koji nastoji time ojačati poduzeće kako bi ono moglo opstati na tržištu, koje je u današnje vrijeme postalo opasno za nepripremljene i na tradicionalni način, vođene organizacije. Menadžer zadužen za uvođenje promjena koje donose poboljšanja, mora odabrati kojom metodom, odnosno kojom poslovnom filozofijom to želi postići.

U današnje vrijeme, jedna od najpopularnijih i jedna od onih koje donose velike promjene ukoliko se poštuju njena temeljna načela, je "Vitka", odnosno "Lean" poslovna filozofija. Temeljni cilj je da se postigne što više kvalitetnih rezultata sa što manje gubitaka prilikom ostvarenja tog cilja. Kako bi se to postiglo, potrebno je ukloniti sve aktivnosti iz poslovnog procesa koje ni na koji način ne doprinose kvaliteti proizvoda ili usluge i zadovoljstvu kupca, te poboljšati obavljanje onih aktivnosti koje tome pridonose. U ovom je radu dan opis "Vitke" poslovne filozofije, nekoliko osnovnih alata i pet temeljnih principa, bez kojih niti jedan menadžer ne može započeti transformaciju svog poduzeća u bolje, produktivnije, efikasnije, odnosno "Vitko" ili "Lean" poduzeće. Kako "Vitka" filozofija može pomoći bilo kojoj proizvodnoj ili uslužnoj djelatnosti, odnosno bilo kojoj djelatnosti uopće, dan je opis šest temeljnih faza prema kojima se može proces, tj. djelatnost održavanja transformirati u "Vitko" održavanje. U određenim je fazama potrebno educirati zaposlenike o "Vitkoj" filozofiji, provoditi Kaizen radionice i zadatke sa timovima zaposlenika i izvoditi testne, odnosno "pilot" vježbe transformacije određenih djelova odjela održavanja u "Vitko" održavanje. Prije svih tih zadataka i vježbi potrebno je donesti dobar plan i predvidjeti moguće probleme i zapreke koji bi se mogli naći na putu. Potrebno je predvidjeti kako bi se mogao ponašati određeni dio procesa nakon transformacije. Kako bi se to olakšalo, poželjno je koristiti se svim mogućima alatima i sredstvima koja mogu pridonesti olakšanom, bržem i sigurnijem radu i testiranju. Zbog toga je u ovom radu opisan jedan računalni alat koji bi mogao naći primjenu baš u takvim situacijama, kada je potrebno nešto isplanirati i provjeriti kako će se taj plan odvijati, a da se ne mora u stvarnosti isprobavati, i ukoliko bi došlo do bilo kakvih problema, samo bi trebalo promijeniti neku odluku i opet isprobati, odnosno testirati, bez utjecaja na radnu okolinu i stvaranja nepotrebnih zastoja za potrebe testiranja.

U ovom je radu primjenom računalnog programa za izradu simulacijskih modela (SIEMENS-Tecnomatix Plant Simulation) izrađen simulacijski model za postojeće stanje procesa održavanja benzinskih postaja, te se nakon nekoliko iteracija izvođenja simulacije primjenio alat "BottleNeck Analyzer" koji je prikazao aktivnosti koje su moguća "uska grla" cjelokupnog procesa održavanja. Nakon toga su se za te aktivnosti primjenila predložena poboljšanja, prema literaturi [20], koja su dobivena standardnom analizom procesa prema načelima "Vitkog"/"Lean" menadžmenta. Primjenjena poboljšanja su uključivala eliminaciju aktivnosti koje su predstavljale čisti trošak, odnosno vremena nepotrebnih aktivnosti (WT) i smanjenje vremena aktivnosti koje ne pridonose vrijednosti ali su nužne za normalno odvijanje procesa (NVAT).

Nakon izvođenja simulacija za klasični i "Vitki"/"Lean" pristup procesu održavanja benzinskih postaja, uz predhodno izračunatu efikasnost (prema[20]: za klasični pristup: 2.2%, za Lean pristup: 3,7%), prikupljeni su podaci kojima se prikazala efektivnost procesa kojom se prikazuje koliko se započetog posla obavilo u vremenskom razdoblju analiziranja (odnos pristiglih zahtjeva za održavanjem i pristiglih računa za obavljene radove održavanja), koje je predstavljalo i definirano trajanje simulacije (odabrano trajanje iteracije: 365 dana). Efektivnost klasičnog pristupa procesu održavanja od 85% je porasla kod Lean pristupa na 92%, što znači, da se nakon primjene poboljšanja povećala efikasnost rješavanja kompletnog posla vezanog uz proces održavanja za 7% , što je dobar pokazatelj utjecaja poboljšanja, a to znači da bi se taj postotak mogao još povećati uvođenjem dodatnih poboljšanja ako je to moguće.

Drugi tip rezultata poboljšanja koji je na ovom primjeru simulacijskog modela izračunat i prikazan na slici [79], je prosječna brzina otklanjanja kvara za klasični i Lean pristup održavanju benzinskih postaja. Dobiveni rezultati pokazuju da je došlo do smanjenja ukupnog trajanja procesa otklanjanja kvara (od trenutka prijave kvara do trenutka završetka izvođenja radova). Prosječno vrijeme potrebno za otklanjanje kvara, nakon primjene poboljšanja, se za "interventno i plansko održavanje-interni izvođač" smanjilo za oko 75%, za "interventno i plansko održavanje-vanjski izvođač" za 25%, a za "investicijsko održavanje" za 35%. U ovaj izračun rezultata nisu uključene aktivnosti koje slijede nakon izvođenja radova, a vezane su uglavnom uz izradu, kontrolu i odobravanje dokumenata koji se moraju izraditi za svaki

obavljeni posao održavanja. Ali, ipak, kako je cilj što prije osposobiti opremu kako bi nastavila normalno funkcionirati, odabrano je samo to vremensko razdoblje "kvar-popravak".

Iz dobivenih rezultata, vidljivo je koliko utjecaja imaju primjenjena poboljšanja prema Lean načelima. Primjenom poboljšanja, odnosno transformacijom dijela aktivnosti klasičnog procesa održavanja benzinskih postaja u "Vitki"/"Lean" proces održavanja, djelomično je povećana i efikasnost i efektivnost procesa, a i brzina izvođenja popravaka, odnosno uklanjanja kvarova je povećana, tj. skratilo se potrebno vrijeme da se ukloni kvar, što je važno za benzinske postaje koje u ovom procesu predstavljaju kupca, a kupac je u "Vitkoj"/"Lean" poslovnoj filozofiji najvažniji.

Preporuke za daljnji rad na poboljšavanju procesa su aktivnosti koje je poželjno kontinuirano izvoditi, a to su:

1. poboljšati postojeći ili izraditi novi simulacijski model procesa održavanja benzinskih postaja uz suradnju sa osobom koja je nadležna u Službi održavanja, kako bi se postigao što realniji prikaz procesa
2. izvođenje simulacija pomoću izrađenog simulacijskog modela uz primjenu alata "BottleNeck Analyzer" kako bi se prilikom svakog izvođenja promatrale promjene stanja, tj. poboljšanja aktivnosti koje predstavljaju "uska grla"
3. temeljem predloženih aktivnosti koje predstavljaju "uska grla" uz znanja nadležne osobe u Službi održavanja o ograničenjima u smanjivanju vremena i ostalim regulativama koje se moraju poštovati, pronaći moguća poboljšanja i primijeniti ih u simulacijskom modelu
4. nakon svake primjene poboljšanja ponoviti izvođenje aktivnosti pod brojem "2" i "3", dok se ne postigne željeno stanje u kojemu će se pokazati što manji broj aktivnosti koje predstavljaju "uska grla" ili smanjiti njihov utjecaj na ostale aktivnosti
5. tako postignuto željeno stanje održavati i kontinuirano tražiti nove mogućnosti poboljšanja služeći se alatom za izradu simulacijskog modela kao pomoći za brže i jednostavnije donošenje odluka.



Na kraju se može reći, kako je bilo kakva pomoć ili alat koji mogu pridonjeti poboljšanju rada, dobro došla, jer ipak cilj je poboljšati procese u poduzeću kako bi oni bili učinkoviti i proizvodili kvalitetne proizvode uz što manje troškove, a to nije moguće postići ukoliko menadžer uz sav trud i zalaganje ne obavlja to na kvalitetan i učinkovit način zbog ogromne količine posla, a što bi sigurno mogao bez većih napora i više vremena koje bi dobio uz primjenu alata takvog tipa. Informacijska tehnologija se sve brže i sve više razvija, sve je više mogućnosti koje nam mogu olakšati kvalitetno obavljanje poslova, a na nama je da to prepoznamo i primijenimo.

## **PRILOZI**

### **I. CD-R disc**

## LITERATURA

- [1] <http://www.poslovniforum.hr> , Management
- [2] Prof.Dr.sc. Nedeljko Štefanić ; Predavanja i seminari: Osnove menadžmenta 2010, Upravljanje znanjem i promjenama 2010, Lean menadžment 2009
- [3] <http://www.qualitas.hr> , Procesno orijentirana organizacija, Darko Kordovan, 9.HRVATSKA KONFERENCIJA O KVALITETI 2008
- [4] Boban M. ,Sladovljević J. ;Upravljanje kvalitetom-izazov managementa poduzeća na putu do poslovne izvrsnosti u okruženju digitalne ekonomije, Elektronički zbornik radova Veleučilišta u Šibeniku br.1-2, 2007
- [5] <http://www.qualitas.hr> , Upravljanje poslovnim procesima
- [6] <http://www.hrcak.srce.hr> , Kondić Ž. , Maglić L. ; Poboľšanja u sustavu upravljanja kvalitetom metodologijom "Lean six sigma"
- [7] <http://www.lean.org> , 2011
- [8] <http://www.toyota-global.com> ,2011
- [9] Rich N. ,Bateman N. ,Esain A. ,Massey L. ,Samuel D. ; LEAN EVOLUTION-Lessons from the Workplace, Cambridge University Press, 2006
- [10] <http://www.versacall.com> ,2011
- [11] Prof.Dr.sc. Vedran Mudronja ; Predavanja iz kolegija Upravljanje kvalitetom, 2010
- [12] Prof.Dr.sc Ivo Čala ; Prošireno predavanje iz kolegija Održavanje , 2009
- [13] <http://www.poslovnapolitika.com> ,Funda D. ; Potpuno upravljanje kvalitetom, 2011
- [14] <http://www.poslovni.hr> , 2011
- [15] Liker J.K. ; The Toyota Way, McGraw-Hill, 2004
- [16] <http://www.wikipedia.com> , Heijunka box, 2011
- [17] Womack J.P. ,Jones D.T. : Lean Thinking, Free Press, 2003
- [18] Rother M. , Shook J. ; Learning to see , The Lean Enterprise Institute, 2003
- [19] Prof.Dr.sc. Nedeljko Štefanić ; "Primjena Leana u službi održavanja", HDO seminar, 30.03.2011.
- [20] Brnadić T. dipl.inž. ; Magistarski rad: Primjena načela vitkog održavanja za benzinske postaje, 2011
- [21] Bangsow S. ; Manufacturing Simulation with Plant Simulation and SimTalk, Springer, 2010